UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, 2024

PRESENTADO POR:
Br. VICTOR ERNESTO HANCCO PALOMINO
Br. MARIO ISAAC CHULLO FRANCO

PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ASESOR:
Ing. CARLOS HUGO LOAIZA SCHIAFFINO

CUSCO-PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, 2024

presentado por: VICTOR ERNESTO HANCCO PALOMINO con DNI Nro.: 76428761 presentado por: MARIO ISAAC CHULLO FRANCO con DNI Nro.: 71801806 para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO CIVIL

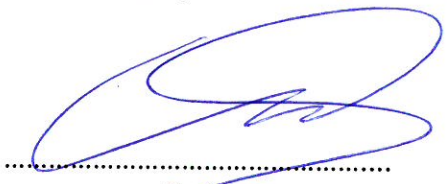
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del ***Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC*** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 0 **%.**

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 08 de NOVIEMBRE de 20 24



Firma

Post firma ING. CARLOS HUGO LOAIZA SCHIAFFINO

Nro. de DNI 23870541

ORCID del Asesor 0000-0003-4405-4185

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:402560092

NOMBRE DEL TRABAJO

VICTOR ERNESTO HANCCO PALOMINO, MARIO ISAAC CHULLO FRANCO.pdf

AUTOR

VICTOR ERNESTO & MARIO ISAAC HAN CCO PALOMINO & CHULLO FRANCO

RECUENTO DE PALABRAS

66254 Words

RECUENTO DE CARACTERES

366758 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

300 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

8.8MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 6, 2024 11:25 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 6, 2024 11:29 AM GMT-5

0% de similitud general

Esta entrega no coincidió con ningún contenido comparado.

- 0% Base de datos de Internet
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 40 palabras)

DEDICATORIAS

Agradezco profundamente a Dios, por ser mi faro y fuente de fortaleza en todo momento. A mi familia, por su respaldo incondicional, por creer en mí y motivarme incansablemente a perseguir mis metas con dedicación y esfuerzo. A mis padres, quienes con su ejemplo y apoyo me han enseñado el verdadero significado de la perseverancia. A los docentes de mi facultad, cuyas enseñanzas y orientaciones fueron de gran ayuda para mi educación universitaria, dándome las fuerzas y conocimientos para hacer frente con confianza esos desafíos de la carrera profesional, de esa manera alcanzar cada uno de mis objetivos.

Bach. Hancco Palomino, Víctor Ernesto

Agradezco profundamente a Dios, por ser mi faro y fuente de fortaleza en todo momento. A mi familia, por su respaldo incondicional, por creer en mí y motivarme incansablemente a perseguir mis metas con dedicación y esfuerzo. A mis padres, quienes con su ejemplo y apoyo me han enseñado el verdadero significado de la perseverancia. A los docentes de mi facultad, cuyas enseñanzas y orientaciones fueron de gran ayuda para mi educación universitaria, dándome las fuerzas y conocimientos para hacer frente con confianza esos desafíos de la carrera profesional, de esa manera alcanzar cada uno de mis objetivos.

Bach. Chullo Franco, Mario Isaac

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater, la UNSAAC, mi casa de estudios.

A los educadores de la UNSAAC, mi querida Escuela Profesional de Ingeniería Civil, que a cada adversidad enfrentada siempre estuvieron apoyando académica y emocionalmente para superar los obstáculos universitarios.

De modo muy especial, al Ing. Carlos Hugo Loaiza Schiaffino, asesor de esta tesis, por todos sus valiosos consejos, apoyo, animo constante e inmensa paciencia.

También de quienes somos parte y luchamos por darle un orgullo, nuestras queridas madres, papás y hermanos, agradecer por su apoyo incondicional y sus sabios consejos.

A ellos, muchas gracias.

RESUMEN

La tesis titulada "Sistemas de Modelamiento Hidráulico en el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, 2024" propone las especificaciones técnicas para la instalación y modernización del laboratorio de hidráulica de la UNSAAC, mediante el diseño de un modelo hidráulico a escala 1/100 de una represa, desarrollado en 3D y sustentado en principios científicos sobre escalas. Este proyecto incluye la evaluación del terreno disponible, la elaboración de estudios básicos y diseños de ingeniería, así como la propuesta de alternativas para la construcción y equipamiento del laboratorio, incorporando equipos hidrométricos avanzados y promoviendo la capacitación técnica y docente. Enfocado en optimizar la formación académica y fortalecer las capacidades prácticas en hidráulica, este trabajo busca mejorar la competitividad de los egresados y fomentar el desarrollo de infraestructuras hidráulicas eficientes, alineando innovación tecnológica con las necesidades académicas y sociales actuales.

Palabras claves: modelo, escala, laboratorio.

ABSTRACT

The thesis titled "Hydraulic Modeling Systems in the Hydraulic Laboratory of the Faculty of Civil Engineering, 2024" aims to propose technical specifications for the installation and modernization of hydraulic modeling systems in the UNSAAC Hydraulic Laboratory. The research focuses on the design and functionality of a scaled hydraulic model of a dam, developed in 3D at a 1/100 scale and grounded in rigorous scientific principles of scale application. This study seeks a comprehensive update of the laboratory by incorporating advanced hydrometric equipment and promoting technical and faculty training. The objectives include assessing the available site conditions, developing technical specifications through basic studies and engineering designs, and proposing alternatives for the laboratory's construction and equipment. By addressing academic needs and enhancing practical hydraulic skills, the project aims to improve the competitiveness of graduates and contribute to the development of efficient hydraulic infrastructures. This research highlights the importance of technological innovation in academic training, providing solutions to contemporary technical and societal challenges.

Keywords: model, scale, laboratory.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 15

1.1. Planteamiento del Problema 15

1.1.1. Diagnóstico 15

1.1.2. Pronóstico 15

1.1.3. Control del Pronóstico 15

1.2. Formulación de Problemas 16

1.2.1. Problema General 16

1.2.2. Problemas Específicos 16

1.3. Justificación 16

1.3.1. Conveniencia 16

1.3.2. Relevancia Social 16

1.3.3. Implicancias Prácticas 17

1.3.4. Valor Teórico 17

1.3.5. Utilidad Metodológica 17

1.4. Objetivos de Tesis 17

1.4.1. Objetivo General 17

1.4.2. Objetivos Específicos 17

1.5. Delimitación del Estudio 18

1.5.1. Delimitación Espacial 18

1.5.2. Delimitación Temporal 18

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO 19

2.1. Antecedentes de la Tesis 19

2.1.1. Antecedentes Internacionales 19

2.1.2. Antecedentes Nacionales 23

2.2. Bases Teóricas 26

2.2.1. Definición Conceptual 26

2.2.2. Definición Operacional.....35

2.2.3. Introducción al modelado de presas a escala 1/100.....36

2.2.4. Similitud Hidráulica 38

2.2.5. Importancia de la similitud 39

2.2.6. Similitud Geométrica.....41

2.2.7. Similitud Cinemática 42

2.2.8. Similitud Dinámica.....43

2.2.9. Condiciones de Similitud 45

2.2.10. Similitud de Euler.....47

2.2.11. Similitud de Reyynolds 50

2.2.12. Similitud de Frooude 54

2.2.13. Clasificación de modelos hidráulicos 58

2.2.14. Escala en modelos hidráulicos.....60

2.2.15. Componentes principales de una presa a escala 1/100 61

2.2.16. Aliviaderos en presas.....62

2.2.17. Disipadores de energy en estructuras de presas.....78

2.2.18. Características de los aliviaderos con disipador del modelo salto hidráulico en rampa - eskí 88

2.2.19. Estructura de una presa a escala: elementos constitutivos. 150

2.2.20. Estructura de soporte 150

2.3. Hipótesis 159

2.3.1. Hipótesis General 159

2.3.2. Hipótesis Específicas 159
2.3.3. Identificación de variiables 159
2.3.4. Matriz de Operacionalización de variiables 160
2.4. Definición de términos básicos 161
2.5. Explicación de la Matriz 161
CAPÍTULO 3: MÉTODO 163
3.1. Enfoque de la tesis 163
3.2. Alcance de Tesis 163
3.3. Diseño de la Tesis 164
3.4. Unidad de Análisis 165
3.5. Población de Estudio 165
3.6. Selección de Muestra 165
3.7. Tamaño de la Muestra 166
3.8. Técnicas de Recolección de Información 166
3.9. Técnicas de Análisis e Interpretación de Datos 166
3.9.1. Descripción en el ámbito de la zona de estudio, ...166
3.9.2. Metodología del trabajo. 172
CAPÍTULO 4: RESULTADOS 185
4.1. Revisión y análisis del sílabus de ING. Civil para desarrollar e implementar un sistema de modelamiento hidráulico. 185
4.1.1. Mejoras en la Propuesta de Modelos Hidráulicos para el Laboratorio 185
4.2. Determinación de un modelo hidráulico – Presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí. 188

4.3. Determinación de los componentes más importantes de la presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí a escala 1/100 189
4.4. Diseño de la presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí 189
4.4.1. Diseño del aliviadero de tipo salto como el de eskí 191
4.4.2. Diseño de las estructuras que componen el cuerpo de la presa 249
4.5. Modelado en 3D de la Presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí. 253
4.5.1. Fases del modelado 3D en SketchUp Pro 2022.....254
4.5.2. Vistas para imágenes del modelo.....255
4.6. Montaje de la Presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí. 258
4.6.1. Proceso constructivo más adecuado para la fabricación del cuerpo de la presa y correcto montaje. 258
4.6.2. Proceso constructivo más adecuado para la fabricación del aliviadero y correcto montaje. 262
4.7. Determinación de las características físicas del área de terreno..... 266
4.7.1. Estudio geodésico 266
4.7.2. Estudio topográfico con dron 266
4.7.3. Estudio de mecánica de suelos. 267
4.7.4. Estudio pluvial.....268
4.8. Diseño del laboratorio de hidráulica de ingeniería civil..... 269
4.8.1. Diseño arquitectónico 269
4.8.2. Diseño estructural 269

4.8.3. Diseño del sistema de recirculación. 269
4.8.4. Instalaciones eléctricas 269
4.8.5. Instalaciones sanitarias 269
4.9. Modelado en 3D del laboratorio de hidráulica 269
4.9.1. Planos de arquitectura.....273
4.9.2. Planos estructurales. 273
4.9.3. Planos del sistema de recirculación. 273
4.9.4. Planos instalaciones eléctricas y sanitarias.....273
4.10. Presupuesto y programación de obra del futuro laboratorio de hidráulica. 273
4.11. Determinación de los posibles modelos hidráulicos que albergará el futuro laboratorio de hidráulica en base al sílabus de ING. Civil. 273
4.11.1. Mejoras en la Propuesta de Modelos Hidráulicos para el Laboratorio 274
4.12. Determinación de los posibles equipos e instrumentos hidrométricos para el análisis de los modelamientos hidráulicos..... 276
4.12.1. Instrumentos para medición.....276
4.12.2. Equipamiento de laboratorio para el área didáctica.....286
4.12.3. Instalaciones adicionales 286
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS 291
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES 293
CAPÍTULO 7: RECOMENDACIONES 294
CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFIA..... 297
CAPÍTULO 9: ANEXOS..... 300

Índice de tablas

Tabla 1 *Características Dimensionales de las MAG. Físicas*..... 194
Tabla 2 *Procedimiento en la Aplicación del Mét. Π - Buckingham* 196
Tabla 3 *Criterios en la Selección de Par. Repetiitiivos een el paaso cuatro* 197
Tabla 4 *Reelacionees dee Mag. Basadas en las Similiitudes de Reyynolds y Frooude* 217
Tabla 5 *Diimensiones de Variiables para el Análisis de Presiones*..... 220
Tabla 6 *Diimensiones de las Variiables para el Análisis de Presiones en la Estructura del Modelo* 226
Tabla 7 *Cooordenadas en la sección en la Cresta H2Os Arriiba* 233
Tabla 8 *Cooordenadas en la seccion H2Os abajo*..... 235
Tabla 9 *Calado y Niveles de Agua en la parte superior del moodelo* 242
Tabla 10 *Presiones Desarrolladas en la parte superior del Moodelo* 243
Tabla 11 *Resultados de la cota del agua en la Sección de la Rápida*..... 246
Tabla 12 *Resultados de la cota del agua en la propeusta final del Modelo* 248
Tabla 13 *Resultados de las presiones del cuchharon* 249

Índice de Dibujos

Dibujo 1 *Vertedor de perfil curvo con disipador de energy en rampa o salto hidráulico en rampa - eskí.* 64
Dibujo 2 *Vertedero-aliviadero que se muestra es de caída libre.* 65
Dibujo 3 *Corredor de evacuación*..... 69
Dibujo 4 *Aliviadero de tipo laberinto.* 71
Dibujo 5 *Aliviadero Morning Glory para presas de pequeña escala*..... 75
Dibujo 6 *Represa de nombre H2Oda Blanca – Departamento de Arequipa.* 75
Dibujo 7 *Aliviadero de tipo Dentado.* 78
Dibujo 8 *La represa Ralco en Chile utiliza un aliviadero de salto hidráulico en rampa - eskí.* 82
Dibujo 9 *Disipador mediante bloques de impacto.* 83
Dibujo 10 *Estanque disipador Tipo IV, optimizado para caudales con número de Frooude en transición.*..... 85
Dibujo 11 *Estanque disipador Tipo III, diseñado para velocidades de entrada menores a 18 m/s.* 86
Dibujo 12 *Estanque disipador Tipo II, optimizado para velocidades de entrada superiores a 18 m/s.*..... 87
Dibujo 13 *Disipador de rejillas, diseñado para interrumpir el flujo de H2O.* 88
Dibujo 14 *Componentes de la sección del aliiviadero*..... 93
Dibujo 15 *Resultados de K(adimensional)*..... 93
Dibujo 16 *Resultados de n(adimensional)*..... 94
Dibujo 17 *Resultados de Co(adimensional)*..... 96
Dibujo 18 *Resultados de C/Co(adimensional)*..... 97
Dibujo 19 *Coeficientes que determinan la conDibujoción de un vertedero estricto.* 100
Dibujo 20 *Valores e incógnitas de un aliiviadero en una serie de redondos.* 102
Dibujo 21 *Vertedero WES con una pared vertical en la zona H2Os arriiba.*..... 104
Dibujo 22 *Perfil WES con un talud de 3:1 en la zona H2Os arriiba.* 104
Dibujo 23 *Perfil WES con un talud de 3:2 en la sección H2Os arriiba.* 104

Dibujo 24 *Variiables necesarias para calcular los valores de K y n.* 105
Dibujo 25 *Valores de K y n aplicables a cualquier pendiente del paramento H2Os arriiba.* 106
Dibujo 26 *Variiables para calcular el radio del cucharón.* 107
Dibujo 27 *Variiables para analizar la trayectoria del chorro* 110
Dibujo 28 *Variiables para analizar el H2O en salida.* 114
Dibujo 29 *Monograma para definir la salida del agua - eskí convencional (Orlov).* 114
Dibujo 30 *Gráfico para calcular la salida del agua- eskí convencional (Quadri et al.).* 115
Dibujo 31 *Las presiones registradas de salida de sección tipo (U.S. Bureau of Reclamation)* .. 119
Dibujo 32 *Parámetros relacionados con la geometría del chorro* 122
Dibujo 33 *Se muestra el grado de divergencia de salida dela gua.* 127
Dibujo 34 *Variiables que ayudad a definir las presiiones.* 136
Dibujo 35 *Parámetros para determinar las presiiones por el método de Lenaau y Cassidyy.* .. 139
Dibujo 36 *Presión en la base del cucharón - Método propuesto por Lenau y Cassidy.* 140
Dibujo 37 *Presión en la base del cucharón - Expansión sugerida por Prasad.* 141
Dibujo 38 *Se usa para hallar las presiones e salida de agua de la rampa - eskí determinadas por WES.* 141
Dibujo 39 *Se usa para hallar las presiones teoriicas de salida del agua - Método propuesto por Buureau off Indiian Standardss..* 143
Dibujo 40 *Monograma para calcular la vel. de salida de agua aprox, según el Bureaau off Indiian Standardss.* 145
Dibujo 41 *Ilustración de variiables que ayudaran a determinar su rapidez – vel.* 149
Dibujo 42 *Mapa de ubicación del distrito Cusco* 168
Dibujo 43 *Localización de la ciudad universitaria en Cusco.* 168
Dibujo 44 *Localización del terreno en el interior de la ciudad universitaria.* 169
Dibujo 45 *Mapa topográfico y perimetral.* 170
Dibujo 46 *Perfil topográfico* 170
Dibujo 47 *La morfología del área del proyecto* 171
Dibujo 48 *Dibujo donde se muestra los 2 componentes principales de una presa a escala.* 191
Dibujo 49 *Coeficientes necesarios para la realización de su análiisis dimensiional.* 219
Dibujo 50 *Parametros en la sección vertical H2Os arriiba.* 232
Dibujo 51 *Geometría H2Os arriiba de la cresta.* 237
Dibujo 52 *Geometría H2Os abajo de la cresta.* 238
Dibujo 53 *Geometría de la rápida.* 238
Dibujo 54 *Geometría del cucharón.* 239
Dibujo 55 *Esquema geométrico del modelo experimental.* 239
Dibujo 56 *Seccion superior al aliviiadero.* 241
Dibujo 57 *División en 3 segmentos para el estudio más detallado.* 243
Dibujo 58 *Ancho del aliviadero en escala 1/100.* 250
Dibujo 59 *Alturas principales de la presa en escala 1/100.* 251
Dibujo 60 *Dibujo donde se muestra el uso de los materiales mencionados en una presa a escala en el laboratorio de UWRL.* 253
Dibujo 61 *Dibujo donde se muestra la vista en planta, muestra el trazado superior de la presa y la disposición del aliviadero.* 255
Dibujo 62 *Dibujo donde se muestra la vista en sección longitudinal: Permite observar el cuerpo de la presa desde un corte lateral, revelando el perfil de la rampa y la cuenca de amortiguamiento.* 256

Dibujo 63 *Dibujo donde se muestra la vista isométrica del cuerpo de la presa: Una perspectiva que combina las diimensiones en planta y altura para mostrar la estructura completa.* 257
Dibujo 64 *Dibujo donde se muestra la Detalle del aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí: Un enfoque específico en la rampa inclinada.* 257
Dibujo 65 *Dibujo donde se muestra el colocado de aceros para iniciar con el armado de la topografía en base a madera, acero y concreto.* 258
Dibujo 66 *Dibujo donde se muestra el colocado los soportes superiores para iniciar el armado de la topografía.* 258
Dibujo 67 *Dibujo donde se muestra el colocado de los andamios laterales para que soporten el peso de la topografía.* 259
Dibujo 68 *Dibujo donde se muestra el colocado de la estructura metálica que soportara la topografía y peso del H2O.* 259
Dibujo 69 *Dibujo donde se muestra el colocado de los soportes laterales que soportaran la topografía.* 260
Dibujo 70 *Dibujo donde se muestra el colocado de la madera que dará la forma de la topografía que se hará con base de concreto.* 260
Dibujo 71 *Dibujo donde se muestra el colocado de la madera que dará la forma de la topografía que se hará con base de concreto que ya se esta vaciando a medida que avancen.* 261
Dibujo 72 *Dibujo donde se muestra el concreto vaciado de la primera parte de la topografía que se esta simulando.* 261
Dibujo 73 *Dibujo donde se muestra el armado de la presa en base a refuerzos horizontales y verticales en base a acero.* 262
Dibujo 74 *Dibujo donde se muestra el armado de la presa en base a refuerzos horizontales y verticales en base a acero.* 262
Dibujo 75 *Dibujo donde se muestra el armado de la presa en base a refuerzos horizontales y verticales en base a acero.* 263
Dibujo 76 *Dibujo donde se muestra el recubrimiento de la presa con planchas de acero las cuales son soldadas a la estructura de soporte metálico.* 263
Dibujo 77 *Dibujo donde se muestra el recubrimiento de las juntas de planchas metálicas con un aditivo especial que no dejara filtrar el H2O.* 264
Dibujo 78 *Dibujo donde se muestra el armado de la topografía frontal que soportara a la presa que ya fue culminada.* 264
Dibujo 79 *Dibujo donde se muestra el recubrimiento con concreto de la topografía frontal y el impermeabilizado de la presa* 265
Dibujo 80 *Dibujo donde se muestra la culminación del modelado de la presa a escala listo para ser sometido a las diferentes pruebas.* 265
Dibujo 81 *Dibujo donde se muestra la monumentación del punto geodésico de tipo C.* 266
Dibujo 82 *Dibujo donde se muestra el dron para el levantamiento topográfico* 267
Dibujo 83 *Dibujo donde se muestra el uso del laboratorio para el estudio de suelos* 268
Dibujo 84 *Dibujo donde se muestra la vista en perspectiva exterior frontal del laboratorio.* .. 270
Dibujo 85 *Dibujo donde se muestra la vista en perspectiva exterior lateral derecho del laboratorio.* 271
Dibujo 86 *Dibujo donde se muestra la vista del interior del laboratorio.* 271
Dibujo 87 *Dibujo donde se muestra la vista del interior del laboratorio.* 272
Dibujo 88 *Dibujo donde se muestra la vista del interior del laboratorio.* 272
Dibujo 89 *Dispositivo acústico de medición de caudal* 281

Dibujo 90 *Sensor de corriente de precisión* 281
Dibujo 91 *Sonda de presión diferencial* 282
Dibujo 92 *Medidor de nivel sin contacto* 283
Dibujo 93 *Medidor de presión de fluidos* 283
Dibujo 94 *Manómetro portátil* 284
Dibujo 95 *Equipo de visualización y análisis de flujo por láser* 285
Dibujo 96 *Dibujo donde se muestra el taller de metales y carpintería planteado* 288
Dibujo 97 *Dibujo donde se muestra el taller de electrónica planteado* 289

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. Diagnóstico

El Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNSAAC necesita importantes mejoras para cumplir con los estándares académicos y prácticos requeridos en la formación de ingenieros civiles. En la actualidad, la infraestructura y los equipos disponibles no permiten una simulación y un análisis adecuados de los fenómenos hidráulicos, lo que limita el madurar intelectualmente con las investigaciones. Esta situación problemática se debe a varias causas, como la falta de un laboratorio donde puedan hacer experimentos y ensayos a nivel escalar mediante modelos, la falta de espacio adecuado y la ausencia de futuros planes tecnológicos para la implementacion.

1.1.2. Pronóstico

Si estos problemas no se abordan, las posibles repercusiones incluyen una formación académica insuficiente de los estudiantes, la imposibilidad de realizar investigaciones avanzadas en hidráulica y una disminución grande en la ocupación de puestos importantes en instituciones públicas o privadas por falta de conocimientos y así generándose escases laborales en un futuro. Además, la falta de un laboratorio debidamente equipado podría afectar negativamente la certificación o permisos educativos que brinda el estado de esa manera perjudicar la reputación de la facultad.

1.1.3. Control del Pronóstico

Para solucionar el problema, es necesario poner en marcha una estrategia integral que implique la instalación y configuración de sistemas modernos de modelado hidráulico. Este plan debe incluir la modificación del espacio físico del laboratorio, la adquisición de equipos e instrumentos hidrométricos de vanguardia, y la capacitación tanto del personal docente como técnico para el uso adecuado de estas nuevas

herramientas. Además, se deben establecer protocolos de mantenimiento y actualización continua de las instalaciones y equipos.

1.2. Formulación de Problemas

1.2.1. Problema General

¿Qué características deben tener los sistemas de modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, 2024?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál debe ser la distribución óptima de un laboratorio en el área de terreno disponible para el montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, 2024?
- ¿Cuáles deben ser los equipos e instrumentos hidrométricos necesarios para el análisis del modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, 2024?

1.3. Justificación

1.3.1. Conveniencia

La tesis es valiosa porque permitirá el diseño de un laboratorio de hidráulica de alta calidad, esencial para la formación de ingenieros civiles capacitados en el manejo y análisis de sistemas hidráulicos. Esto será útil tanto para la enseñanza como para la tesis aplicada en el ámbito de la ingeniería civil.

1.3.2. Relevancia Social

La relevancia para la sociedad radica en que se ofrecerá una mejor formación a los futuros ingenieros civiles, lo que contribuirá al desarrollo de infraestructuras hidráulicas más eficientes y seguras. Esto beneficiará a la comunidad al mejorar el acceso al H2O potable, el manejo de H2Os residuales y la prevención de desastres naturales relacionados con el H2O.

1.3.3. Implicancias Prácticas

Esta tesis nos ayudara a solucionar desafíos reales en la formación de ingenieros civiles al ofrecer un espacio adecuado para la práctica y el análisis de fenómenos hidráulicos. Esto tiene implicaciones prácticas para una solucionar una diversidad de problemas con diseños hídricos y la gestión de sistemas de H2O.

1.3.4. Valor Teórico

Esta tesis cubrirá aspectos de falencias y vacíos teórico-prácticos referidos a las especificaciones técnicas necesarias para un laboratorio de hidráulica moderno. Los resultados contribuirán al desarrollo avances teórico-prácticos en el ámbito de la hidráulica aplicada.

1.3.5. Utilidad Metodológica

Esta tesis contribuirá a la creación de nuevas bases metodológicas para la instalación y uso de laboratorios de hidráulica. Esto incluye mejoras las implementaciones de sistemas de recopilación y estudio de números hidráulicos obtenidos en el laboratorio, de la misma forma la experimentación de modelos físicos en sistemas hidráulicos.

1.4. Objetivos de Tesis

1.4.1. Objetivo General

Elaborar las especificaciones técnicas para la instalación y montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, 2024.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Establecer las características del área de terreno para el montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, 2024.

- Desarrollar las especificaciones técnicas para la instalación de los equipos e instrumentos hidrométricos para el análisis del modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, 2024.

1.5. Delimitación del Estudio

1.5.1. Delimitación Espacial

El ámbito geográfico de la tesis se circunscribe al laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNSAAC.

1.5.2. Delimitación Temporal

El estudio se realizará durante el año 2024, considerando el tiempo necesario para la planificación, instalación, montaje y evaluación de los sistemas de modelamiento hidráulico.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Tesis

2.1.1. Antecedentes Internacionales

La tesis presentada por Sanint (2004), destaca la importancia en las técnicas de simulación en la educación de la ingeniería hidráulica. El objetivo fue desarrollar metodologías educativas que mejoren la comprensión de los fenómenos hidráulicos mediante simulaciones prácticas. El método incluyó la implementación de modelos de simulación en cursos de ingeniería, con resultados que demostraron una amplia diferencia positiva para la tomar decisiones informadas. Las conclusiones subrayaron la necesidad de integrar más herramientas de simulación en los currículos de ingeniería para mejorar la educación práctica.

Otro estudio relevante es el de Romero (s.f), quien investigó el efecto en las actividades empíricas del aprendizaje de alumnos de ingeniería hidráulica. El objetivo fue evaluar cómo las prácticas de laboratorio influyen en la comprensión de conceptos teóricos. Utilizando un enfoque mixto de métodos cualitativos y cuantitativos, se encontró que los estudiantes que participaron en actividades prácticas mostraron una mayor retención de conocimientos y habilidades prácticas en comparación con aquellos que solo recibieron instrucción teórica. Las conclusiones sugieren que la integración de prácticas de laboratorio es crucial para un aprendizaje efectivo en ingeniería hidráulica.

A lo largo de las últimas décadas, los estudios internacionales sobre modelado de presas han permitido avanzar en la comprensión y diseño de estas infraestructuras críticas, utilizando técnicas de modelado a escala como una herramienta clave para la tesis hidráulica. Las presas, siendo estructuras fundamentales para el control y almacenamiento de H2O, la regulación de caudales y el suministro de agua potable, requieren una evaluación exhaustiva antes de su construcción. Por ello, diferentes países han

desarrollado investigaciones y aplicaciones prácticas de modelado a escala en la ingeniería hidráulica. (Barros Martínez, 2017)

Estados Unidos

Inicio con el desarrollo de modelos hidráulicos a escala para presas es Estados Unidos, donde los laboratorios de la milicia de EEUU, han jugado un papel fundamental. Desde mediados del siglo XX, el Laboratorio de Tesis de Ingeniería Hidráulica (Waterways Experiment Station) ha sido una referencia mundial en estudios sobre presas y estructuras hidráulicas. En este centro, se han llevado a cabo investigaciones detalladas utilizando modelos físicos para evaluar la seguridad y el rendimiento de importantes proyectos hidráulicos, como la represa Hoover y la presa Grand Coulee. Estos estudios permitieron evaluar la capacidad de las presas para manejar grandes caudales, el comportamiento de los vertederos y la eficiencia en modelos de perdida de energy. (Cotton, 1979)

Canadá

La experiencia en modelado de presas se ha centrado en el estudio de presas de grandes diimensiones y en condiciones climáticas extremas. Los ingenieros del National Research Council (NRC) han desarrollado modelos físicos para simular los las consecuencias de las heladas en estructuras hidráulicas, ya que las bajas temperaturas y la presencia de hielo en los ríos canadienses representan un desafío único para el diseño de presas. En particular, los estudios realizados en el centro de investigaciones hidráulicas del NRC han permitido desarrollar metodologías de modelado que reproducen con precisión los fenómenos de formación de hielo y las presiones asociadas, contribuyendo a la seguridad de proyectos en el norte de Canadá, como la presa Churchill Falls. (National Research Council of, 1973)

China

China, siendo 1 de los sectores con más represass , ha avanzado significativamente en el uso de modelos físicos para sus grandes proyectos hidroeléctricos. En diversas construcciones se requirió un exhaustivo proceso de tesis y validación mediante modelado físico y digital. En el Instituto de Tesis Hidráulica de Nanjing (Nanjing Hydraulic Research Institute), se llevaron a cabo ensayos a gran escala para evaluar los aspectos hidráulicos y estructurales de la presa, como el comportamiento del vertedero principal y los aliviaderos de emergencia. Estos modelos permitieron optimizar el diseño y da mayor seguridad a la estructura cuando los fenómenos hidrológicos extremos aparecen, asegurando un funcionamiento eficiente. (Nanjing Hydraulic Research, 2010)

Europa

En Europa, se han desarrollado varios estudios relevantes en países como Francia, Suiza y Noruega, donde el modelado físico ha sido una práctica común para analizar la seguridad de las presas en terrenos montañosos y con regímenes fluviales complejos. El Laboratorio Nacional de Hidráulica e Hidrología de Francia ha sido un referente en el uso de modelos a escala para evaluar la erosión y los procesos de socavación aguas abajo de las presas, así como para investigar la interacción entre las corrientes de agua y los lechos fluviales. En Suiza, el Instituto Federal de Tecnología de Zúrich (ETH Zurich) ha desarrollado investigaciones que se centran en la estabilidad de los desagües de fondo y las estructuras de vertedero, utilizando modelos físicos a escala para validar los diseños y mejorar las técnicas de construcción. (ETH Zurich, 2018)

Japón

Japón ha sido un líder en la tesis de presas debido a su vulnerabilidad a eventos naturales extremos, como terremotos y tifones. Los ingenieros japoneses han empleado modelos a escala para evaluar la resistencia de las presas a los movimientos sísmicos,

utilizando simuladores de terremotos para replicar las condiciones que podrían afectar a estas estructuras. En el Laboratorio Nacional de Tesis en Desastres (NIED), se han realizado estudios detallados para analizar cómo las presas responden a cargas sísmicas, determinando así las mejores estrategias de diseño y refuerzo para estas infraestructuras críticas. (Toshihiko Horiuchi, 2022)

Australia

En Australia, la tesis en modelado hidráulico ha estado impulsada por mejorar el control de los recursos hídricos en un entorno climático extremadamente variiable. La (UNSW) y el Laboratorio Nacional de Hidráulica han desarrollado estudios detallados de modelos físicos para evaluar la seguridad de presas en regiones afectadas por sequías severas y lluvias torrenciales. En particular, se han centrado en la simulación de vertederos y sistemas de aliviaderos para manejar caudales repentinos durante eventos de tormenta, así como en la optimización de embalses y represas para maximizar la captación y almacenamiento de agua. (UNSW Sydney, 2019)

Brasil

En América Latina, Brasil ha realizado avances importantes en el modelado hidráulico de sus grandes proyectos hidroeléctricos, como la presa de Itaipú, una de las mayores del mundo. El (CEPEL) ha sido clave en la aplicación de modelos físicos para analizar la seguridad y eficiencia de sus infraestructuras hidráulicas. En este centro se realizaron investigaciones orientadas en la optimización de los sistemas de disipación de energy y evaluar los impactos de las fluctuaciones del caudal en los vertederos. Estos estudios han permitido a Brasil optimizar sus diseños y mejorar la gestión de sus recursos hídricos. (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, 2010)

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Para nuestro ámbito nacional, Pérez y González (2018) investigó la instalación de laboraatorios de hidráuulica en universidades peruanas y sus maneras de instalación. El objetivo fue identificar los requisitos técnicos y espaciales para la implementación de estos laboratorios. El método incluyó encuestas y entrevistas con expertos en ingeniería hidráulica, así como la revisión de instalaciones existentes. Los resultados indicaron la necesidad de cumplir con estándares internacionales y contar con un espacio adecuado para la instalación de equipos. Las conclusiones recomendaron un enfoque sistemático para la planificación y desarrollo de laboratorios de hidráulica en instituciones educativas peruanas.

En el Perú, el estudio de los modelos hidráulicos a escala ha tenido un desarrollo significativo, impulsado por la necesidad de investigar y optimizar las infraestructuras hidráulicas del país, tales como presas, canales de riego, vertederos y sistemas de defensa fluvial. En este contexto, universidades e instituciones de tesis han desempeñado un papel crucial en la implementación de modelos físicos a escala y en la consolidación de laboratorios especializados para la tesis hidráulica. (Laboratorio Nacional de Hidráulica, 1960)

Universidad Nacional de Piura (UNP)

La (UNP) es una de las instituciones peruanas más destacadas en la rama hídrica. La UNP ha contribuido al avance del modelado físico a escala a través de su Laboratorio de Hidráulica e Hidrología, el cual ha sido pionero en el estudio de fenómenos hidráulicos y en la simulación de estructuras a escala. En este laboratorio se focalizo el estudio en el diseño y análisis de presas, sistemas de riego y protección contra inundaciones, utilizando modelos físicos a diferentes escalas para simular el comportamiento real de las estructuras bajo diversas condiciones hidrológicas.

El Laboratorio de Hidráulica de la UNP ha desarrollado estudios enfocados en la optimización de obras hidráulicas en la región norte del Perú, una zona caracterizada por sus marcadas variaciones climáticas y la recurrencia de fenómenos como el fenómeno de El Niño. En este sentido, los investigadores de la UNP han utilizado modelos físicos a escala para estudiar la estabilidad de estructuras hidráulicas ante caudales extraordinarios, analizar la eficiencia de los sistemas de vertederos y diseñar medidas de control de erosión en canales y ríos de gran caudal. (Universidad Nacional de Piura, s.f.)

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)

Otra institución apegada a los modelos físicos a escala es la (UNI). La UNI cuenta con un Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH), especializado en el estudio de estructuras hidráulicas complejas mediante la construcción de modelos a escala. El CIHH se ha destacado por su enfoque práctico y experimental en la validación de diseños de presas, como otras obras hídricas.

En el CIHH de la UNI, encaminaron un estudio detallado sobre el comportamiento de presas y sistemas de regulación de caudales, utilizando modelos físicos para evaluar el futuro manejo del H2O, la estabilidad de taludes y la resistencia de las estructuras ante fenómenos naturales como terremotos o lluvias intensas. Estas investigaciones han contribuido al diseño de infraestructuras más seguras y eficientes. (Universidad Nacional de Ingeniería, s.f.)

Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)

La (UNALM) también ha desarrollado importantes avances en la tesis de modelos hidráulicos a escala, particularmente en lo que respecta al riego y la gestión del agua en áreas agrícolas. La UNALM cuenta con un Laboratorio de Hidráulica que ha sido clave en el avance de estudios relacionados con la mejora de canales de riego, proyectos de

captación y almacenamiento de agua, y técnicas de control de erosión en zonas de cultivos.

En este laboratorio, se han utilizado modelos físicos a escala para simular el comportamiento de estructuras de riego y diseñar soluciones en la gestión del H2O, especialmente en los departamentos con recursos hídricos limitados o con riesgos de erosión. Los estudios realizados en la UNALM han permitido proponer mejoras en la infraestructura de riego y contribuir al desarrollo de proyectos agrícolas sostenibles en diversas áreas del país. (Molina, s.f.)

Instituto Nacional de Tesis en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)

El (INAIGEM) es una entidad que ha desarrollado investigaciones relevantes en el modelado de presas y sistemas hidráulicos en zonas de alta montaña. Sus investigaciones se han centrado en estudiar el impacto del deshielo glaciar en los sistemas fluviales y en evaluar el riesgo de aluviones y deslizamientos en las cuencas andinas. Para ello, el INAIGEM ha trabajado con modelos físicos a escala que replican las condiciones de los lagos glaciares y estructuras de retención, con el fin de analizar su comportamiento ante crecidas y eventos extremos. (Hilbert Villafane Gomez, 2021)

Impacto y Contribución al Conocimiento

En conjunto, las investigaciones realizadas por estas instituciones peruanas han permitido mejorar el diseño y la operación de infraestructuras hidráulicas en el país, enfrentando desafíos específicos como los fenómenos de El Niño, la variabilidad climática. El avance de modelos hidráulicos a escala ha sido una herramienta clave para estas investigaciones, facilitando la observación directa y el análisis experimental de diferentes fenómenos que afectan la estabilidad y el rendimiento de las obras hidráulicas.

Además, estas investigaciones han servido como referencia y base para la implementación de políticas y normativas en el diseño de infraestructuras hidráulicas en el Perú. La experiencia adquirida en los laboratorios de hidráulica ha contribuido a la formación de ingenieros y profesionales capacitados en el manejo de modelos físicos, promoviendo la transferencia de conocimiento y avances digitales en la rama hídrica.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Definición Conceptual

Las bases conceptuales son el fundamento teórico que sustenta una tesis o estudio, proporcionando los conceptos y definiciones clave que permiten comprender el marco teórico y metodológico del tema de análisis. En el contexto de los modelos hidráulicos a escala, las bases conceptuales incluyen una serie de principios fundamentales de la hidráulica, la mec. de fluiidos y la ingeniería hidráuliica que dejan estudiar el diseño, desarrollo y validación de modelos físicos, tanto en entornos experimentales como en la práctica profesional. A continuación, se presentan las principales bases conceptuales que son esenciales para comprender y aplicar los modelos hidráulicos a escala:

Concepto de Modelo a Escala

Un modelo a escala es una representación física reducida de una estructura o sistema real, diseñado para estudiar y analizar su comportamiento en un entorno controlado. En la ingeniería hidráulica, los modelos a escala se utilizan para replicar presas, canales, ríos, vertederos, entre otros sistemas, teniendo como finalidad evaluar y escuelearse con el movimiento hidráulico antes de llevar a cabo su construcción a tamaño real. La construcción de un modelo a escala requiere mantener una relación proporcional entre las diimensiones del modelo y el prototipo, de modo que los datos brindados por el

modeelo sean representativos y puedan extrapolarse a la estructura original. (Fenton, 2002)

Similitud Hidráulica

La similitud hidráulica es uno de los pilares conceptuales más importantes en el diseño y análisis de modelos a escala. Esta basado con el concepto de que un modelo a escala reaccionaria a tres tipos de similitud: geométrica, cinemática y dinámica.

- **Similitud Geométrica:** Esta se refiere a la correspondencia proporcional entre las diimensiones físicas del modelo y del prototipo real, de modo que las longitudes, áreas y volúmenes mantengan una relación constante. Esto garantiza que el modelo reproduzca correctamente la forma y las proporciones de la estructura original.
- **Similitud Cinemática:** Se enfoca en la correspondencia de las características de movimiento del fluido entre el modelo y el prototipo. Para lograrla, se deben replicar los patrones de flujo, las velocidades y trayectorias del agua en ambas estructuras, manteniendo relaciones de escala específicas.
- **Similitud Dinámica:** Implica mantener la equivalencia de las fuerzas actuantes, como la gravedad, la inercia, la viscosidad y la fricción. Este tipo de similitud asegura que las relaciones de fuerzas en el modelo sean equivalentes a las del prototipo real.

Número de Reyynolds

El número de Reyynolds es adimensional y fundamental en la hidráulica y la mec. de fluiidos que permite caracterizar el tipo de flujo en un sistema. Representa la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas en un fluido en movimiento. En el modelado a escala, es esencial que el modelo y el prototipo mantengan el mismo número de Reyynolds para garantizar la similitud cinemática y dinámica. Esto permite que los

patrones de flujo, como la formación de remolinos o las transiciones de flujo laminar a turbulento, se reproduzcan de manera precisa en el modelo. (White, 2011)

Número de Frooude

El número de Frooude es otro parámetro adimensional clave, que se utiliza para analizar el comportamiento de fluidos en presencia de fuerzas gravitatorias predominantes, como es el caso de flujos en canales abiertos, ríos y vertederos. Este número expresa la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales, y es especialmente relevante para la similitud dinámica en estudios de modelos hidráulicos a escala. Mantener la similitud del número de Frooude entre el modelo y el prototipo permite estudiar fenómenos como la formación de ondas, la disipación de energy y el transporte de sedimentos. (Bruce R. Munson, 2013)

Teoría de la Similitud

La teoría de la similitud es un marco conceptual que permite establecer los criterios para el diseño de modelos a escala, asegurando que los resultados obtenidos en el modelo sean representativos del prototipo real. Se tiene que mantener relaciones proporcionales en términos geométricos, cinemáticos y dinámicos, es posible extrapolar los resultados de los experimentos a la realidad. La teoría de la similitud abarca no solo los números de Reyynolds y Frooude, sino también otros parámetros adimensionales, como el número de Mach (para flujos a velocidades altas) y el número de Weber (para flujos con tensiones superficiales relevantes). (Matousek, 2017)

Modelos Hidráulicos Físicos y Digitales

Los modelos hidráulicos pueden ser físicos o digitales, y ambos enfoques tienen sus propias bases conceptuales y ventajas.

- **Modelos Físicos:** S Los modelos físicos son representaciones a escala reducida de estructuras o sistemas hidráulicos reales, diseñadas con el propósito de replicar fielmente su comportamiento bajo condiciones controladas. Estos modelos permiten a los ingenieros y científicos observar directamente fenómenos que son difíciles de predecir o simular con métodos puramente numéricos, especialmente en contextos donde las interacciones entre el agua y las estructuras presentan una alta complejidad. La construcción de un modelo físico implica una cuidadosa selección de la escala y la reproducción precisa de las características geométricas y dinámicas del sistema original, de modo que las fuerzas y condiciones de flujo sean representativas y proporcionales a las que se dan en la infraestructura a tamaño real.

  En modelos a escala físicos se tiene como beneficio la capacidad de proporcionar una visualización directa y tangible de fenómenos hidráulicos que pueden ser difíciles de captar en simulaciones computacionales. Por ejemplo, en estudios de presas y vertederos, los modelos físicos permiten observar cómo se forman los remolinos y las turbulencias en el flujo de agua, lo cual es crucial para el diseño de estructuras que disipen la energy de manera segura y eficiente. Además, en sistemas fluviales y costeros, los modelos físicos permiten estudiar los procesos de erosión y sedimentación, así como el transporte de partículas sólidas a lo largo del lecho del río o del fondo marino, replicando con exactitud las condiciones hidrodinámicas del entorno natural.

  La construcción de modelos físicos no solo proporciona un entorno de observación visual, sino que también permite realizar mediciones detalladas de variiables clave, como velocidades de flujo, tensiones de corte en las paredes de los canales, fluctuaciones de presión y esfuerzos hidrodinámicos sobre las

estructuras. Esto es especialmente útil en situaciones donde las interacciones entre el agua y las superficies sólidas presentan un alto grado de incertidumbre o donde los efectos tridimensionales del flujo son dominantes. En estos casos, los modelos físicos proporcionan una perspectiva única y detallada que complementa los análisis numéricos, facilitando la validación de diseños y la identificación de problemas potenciales antes de la construcción de las infraestructuras.

Además, los modelos físicos son particularmente adecuados para estudiar el comportamiento de sistemas hidráulicos sometidos a eventos extremos, como crecidas, inundaciones, olas de gran magniitud y fallos estructurales. Estas situaciones, que representan un riesgo significativo para la seguridad de las infraestructuras y de las poblaciones cercanas, requieren una comprensión detallada de cómo reaccionará el sistema bajo cargas inusuales o fluctuaciones repentinas en los caudales. Los modelos físicos permiten recrear estos escenarios extremos de manera controlada, proporcionando información valiosa sobre los puntos débiles en los diseños y las posibles estrategias de mitigación de riesgos.

Otro aspecto relevante de los modelos físicos es su capacidad para servir como una herramienta educativa y de comunicación, no solo entre ingenieros y diseñadores, sino también con las comunidades afectadas por las infraestructuras. La visualización directa de los flujos de agua y de las interacciones con las estructuras facilita la comprensión de los problemas hidráulicos complejos y permite comunicar de manera más efectiva los beneficios y limitaciones de un diseño. Generalmente se usa en proyectos de infraestructura de gran escala, donde la participación y aceptación de la comunidad local son cruciales para el éxito del proyecto. (Chanson, Physical Models and Laboratory Techniques in Hydraulic Engineering, 2009)

- **Modelos Digitales:** Los modelos digitales son simulaciones computacionales que utilizan ecuaciones matemáticas para representar el comportamiento de fluidos y estructuras hidráulicas en una amplia variedad de situaciones. A medida que la tecnología ha avanzado, estos modelos se han vuelto herramientas esenciales para ingenieros y científicos en el diseño, análisis y optimización de infraestructuras hidráulicas. Los modelos digitales permiten realizar estudios de fenómenos complejos de forma virtual, proporcionando una alternativa eficiente y económica frente a los modelos físicos tradicionales. Sin embargo, la precisión y fiabilidad de estos modelos dependen de cumplir criterios de similitud adecuados y de la validación experimental mediante observaciones en modelos físicos.

  A nivel técnico, los modelos digitales se fundamentan en la resolución de problemas de matrices complejas, las ecuaciones de continuidad y las ecuaciones de energy. Estos conjuntos de ecuaciones permiten capturar la dinámica del flujo y su interacción con las estructuras, representando tanto los efectos inerciales y viscosos del fluido como los cambios en las condiciones de presión, velocidad y turbulencia. La simulación numérica, basada en métodos como los volúmenes finitos, elementos finitos o diferencias finitas, descompone la geometría del sistema en una malla tridimensional y resuelve las ecuaciones en cada uno de los nodos de la malla, obteniendo una descripción detallada del comportamiento del fluido en cada instante de tiempo.

  El uso de modelos digitales ha revolucionado la ingeniería hidráulica al permitir el análisis detallado de sistemas complejos, desde el comportamiento de presas y vertederos hasta el flujo en ríos, estuarios y sistemas de tuberías. Estos modelos pueden representar una variedad de fenómenos, como la disipación de energy en

vertederos, la propagación de ondas de inundación, la sedimentación en embalses y la interacción entre el flujo y los ecosistemas naturales. Además, la flexibilidad de los modelos digitales permite explorar múltiples escenarios y condiciones extremas, lo cual sería complicado o arriesgado de reproducir en un laboratorio físico. Por ejemplo, en estudios de planificación urbana para la gestión de inundaciones, los modelos digitales pueden simular la propagación de agua en zonas urbanas y analizar cómo diferentes alternativas de diseño.

Sin embargo, los modelos digitales no están exentos de desafíos. Para garantizar que las simulaciones sean precisas, es fundamental que se establezcan criterios de similitud que relacionen los parámetros y fuerzas presentes en el modelo virtual con los de la infraestructura real. Aunque no se requiera una correspondencia física directa, las condiciones de similitud deben ser replicadas matemáticamente, lo cual implica mantener proporciones adecuadas entre las fuerzas inerciales, viscosas, gravitatorias y de presión. Si no se cumple , lo datos obtenidos serian erróneos o poco representativos de las condiciones reales. Por esta razón, los modelos digitales también requieren ser validados de manera rigurosa mediante datos experimentales obtenidos de observaciones de campo o de modelos físicos. La validación de un modelo digital es un paso esencial que consiste en comparar los resultados de la simulación con mediciones reales para evaluar la precisión y la fiabilidad del modelo. Esta validación puede involucrar la comparación de velocidades de flujo, niveles de agua, patrones de presión, concentraciones de sedimentos y otras variiables hidráulicas claves. Si bien los avances en software y algoritmos han permitido la creación de simulaciones numéricas altamente sofisticadas, los modelos digitales deben ser constantemente refinados y ajustados para alinearse con la realidad. En este sentido, los modelos físicos desempeñan un

papel crucial como referencia para verificar la exactitud de las simulaciones numéricas y ajustar los parámetros cuando sea necesario.

El crecimiento y avances de potentes herramientas de software han expandido las capacidades de los modelos digitales, permitiendo simulaciones en tiempo real y el uso de técnicas avanzadas de visualización. Esto ha facilitado la interpretación de resultados y la identificación de problemas potenciales en etapas tempranas de diseño. Además, los modelos digitales han contribuido a una mayor integración de la ingeniería hidráulica con otras areas, permitiendo el desarrollo de sistemas de gestión del agua más eficientes y sostenibles. (Woolhiser, 2013)

Análisis Dimensional

Es una forma matemática fundamental la cual se emplea para establecer relaciones adimensionales entre diversas variiables físicas involucradas en un sistema. Esta herramienta permite a los ingenieros descomponer y simplificar los problemas hidráulicos, reduciendo la cantidad de variiables que deben considerarse al diseñar y estudiar modelos a escala. En el campo de la ingeniería hidráulica, el análisis dimensional es esencial para identificar los parámetros relevantes que afectan el comportamiento de un sistema, como la velocidad del flujo, la presión, la densidad, la viscosidad y las diimensiones características del sistema.

Mediante el análisis dimensional, se pueden definir parámetros adimensionales como el # de Reyynolds, el # de Frooude o el # de Weber, entre otros. Estos parámetros permiten agrupar las variiables físicas y describir la dinámica de un sistema de manera más general. Por ejemplo, en el estudio de un canal de flujo abierto, el número de Frooude permite evaluar el comportamiento del flujo relacionando las fuerzas inerciales con las fuerzas gravitatorias, mientras que el # de Reyynolds es útil para hallar el régimen de

flujo y su transición de laminar a turbulento. Al identificar estos números, los ingenieros pueden desarrollar ecuaciones adimensionales que describen las interacciones entre diferentes variiables y, a partir de ellas, establecer las condiciones de similitud necesarias para que el comportamiento en un modelo físico a escala sea representativo del prototipo real.

La utilidad del análisis dimensional radica en su capacidad para reducir la complejidad de los sistemas físicos, proporcionando un enfoque más claro y simplificado para el diseño y la experimentación. En lugar de trabajar con un gran número de variiables independientes, el análisis permite agruparlas en un conjunto más pequeño de parámetros adimensionales que capturan la esencia del problema. Esta simplificación no solo facilita la interpretación de los fenómenos hidráulicos, sino que también permite la extrapolación de los resultados obtenidos en un modelo a escala hacia el prototipo original, asegurando que las relaciones de similitud se mantengan. Por lo tanto, los resultados experimentales o simulados pueden aplicarse de manera efectiva al diseño y construcción de infraestructuras hidráulicas a gran escala.

El análisis dimensional es especialmente útil en situaciones donde los experimentos físicos son difíciles o costosos de realizar, ya que permite desarrollar modelos simplificados que capturan las principales características del sistema real. Al formular ecuaciones adimensionales, los ingenieros pueden prever cómo cambiará el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones y escalas, lo que resulta crucial en la planificación y optimización de proyectos. Esta herramienta es ampliamente utilizada en la validación de modelos físicos y digitales, y se emplea para derivar leyes de escala que aseguran la precisión de los estudios de laboratorio y la aplicabilidad de sus resultados al mundo real. (Szirtes, 2007)

Estudios Experimentales en Laboratorios de Hidráulica

Los laboratorios de hidráulica son instalaciones especializadas donde se llevan a cabo experimentos con modelos físicos a escala. En estos laboratorios, los ingenieros pueden estudiar fenómenos específicos, como el flujo en vertederos, la perdida de energy en aliviaderos, el equilibrio de taludes y la erosión en canales. Las bases conceptuales de estos estudios se centran en mantener condiciones controladas y reproducibles, de modo que los resultados sean representativos y puedan aplicarse al diseño de estructuras a tamaño real.

Importancia del Escalamiento

El concepto de escalamiento se refiere al proceso de seleccionar una escala adecuada para el modelo físico en relación con el prototipo real. Esto implica determinar la relación de reducción en las diimensiones lineales, las velocidades, los tiempos y las fuerzas. Una correcta elección de la escala permite obtener datos precisos y representativos del sistema real, lo cual es esencial para asegurar la validez de los experimentos y su aplicación práctica.

Validación y Verificación de Modelos

En modelos son procesos fundamentales para garantizar que los modelos físicos o digitales sean precisos y confiables. La validación implica comparar los resultados del modelo con datos observados en la realidad o con experimentos de referencia, asegurando que las simulaciones reflejen adecuadamente el comportamiento del sistema real. La verificación, por otro lado, se enfoca en comprobar que el modelo haya sido implementado correctamente y que las ecuaciones y parámetros utilizados sean consistentes.

2.2.2. Definición Operacional

Para esta tesis, la definición operacional de las variiables incluye las siguientes:

- **Terreno**: Área medida en metros cuadrados (m^2) disponible para la instalación del laboratorio de hidráulica.
- **Especificaciones técnicas de equipos hidrométricos**: Conjunto de características técnicas que deben cumplir los equipos e instrumentos utilizados en el laboratorio, incluyendo precisión, rango de medición y compatibilidad con estándares internacionales.

2.2.3. Introducción al modelado de presas a escala 1/100

El modelado de presas a escala 1/100 es una técnica ampliamente utilizada en la ingeniería hidráulica para estudiar, diseñar y validar diferentes aspectos del comportamiento de una presa antes de su construcción a tamaño real. Este enfoque responde al principio de la creación de un prototipo previo reducido, donde la presa y su entorno se reproducen de manera proporcional a una escala de 1/100, lo que significa que cada unidad de medida en el modelo equivale a cien und. en un hecho concreto. Este tipo de modelado permite a los ingenieros evaluar con precisión los fenómenos hidráulicos que ocurrirían en la estructura original, optimizando el diseño y minimizando riesgos en la etapa de construcción.

Una de las finalidades de un model a escala de presas es la posibilidad de analizar de forma detallada la manera en la que responde cuando se pone en contracto la estructura con el h2o, así como estudiar los efectos de diferentes escenarios de operación y eventos extremos, como crecidas o inundaciones. A través de estos modelos, los ingenieros pueden simular cómo se comportará la presa bajo diferentes condiciones de caudal, verificar la eficacia de los sistemas de desagüe y vertederos, evaluar la erosión y disipación de energy y, en general, optimizar la estabilidad y seguridad del diseño. El uso de una escala 1/100 es particularmente útil porque permite observar con claridad los

detalles clave del comportamiento hidráulico, manteniendo una relación razonable entre el tamaño del modelo y la facilidad de manipulación y observación en el laboratorio.

Para la fase de ejecución del model a escala 1/100 de una presa, se busca cumplir con ciertos principios de similitud, que son fundamentales para obtener datos certeros. La similitud geométrica se encarga de mantener proporciones exactas entre las diimensiones del modelo y el prototipo real, como longitudes, alturas y anchuras. Por otro lado, la similitud cinemática garantiza que las velocidades y trayectorias del flujo de agua en el modelo sean proporcionales a las del prototipo, permitiendo una representación fiel de los patrones de movimiento. La similitud dinámica, por su parte, se centra en la conservación de las relaciones de fuerzas que actúan sobre el fluido, como la gravedad, la inercia y las fuerzas de fricción, lo cual es crucial para replicar las condiciones reales a menor escala.

Un modelo a escala de 1/100 facilita no solo la observación del comportamiento del flujo en tiempo real, sino también la posibilidad de realizar mediciones y pruebas específicas las cuales se dificultarían los experimentos en una presa a tamaño completo. Por ejemplo, se pueden realizar pruebas de caudal en diferentes secciones de la estructura, medir la distribución de presiones a lo largo del vertedero, analizar la formación de remolinos o turbulencias en zonas críticas y evaluar la eficiencia de las medidas de control de erosión. Además, este tipo de modelado permite llevar a cabo simulaciones de fenómenos no estacionarios, como crecidas súbitas o fluctuaciones de caudales, de una manera controlada y precisa.

El modelado a escala 1/100 de presas también tiene un valor fundamental en la evaluación de alternativas de diseño. A través de los ensayos en el modelo, se pueden comparar diferentes configuraciones y modificaciones en la estructura, verificando cuál ofrece mejores resultados en términos de seguridad, eficiencia y costo. Esto permite a los

ingenieros ajustar el diseño original en función de los hallazgos obtenidos, optimizando así el proyecto antes de su implementación a gran escala.

Por otro lado, este enfoque es esencial para evaluar y gestionar los riesgos asociados a la construcción y operación de una presa. Las presas, al ser infraestructuras de gran magniitud y responsabilidad, requieren una evaluación minuciosa de sus condiciones de estabilidad y capacidad de manejo de caudales en situaciones extremas. Con un modelo a escala 1/100, es posible identificar posibles fallos estructurales, puntos débiles en el diseño, y tomar decisiones informadas para corregir estas deficiencias antes de llevar a cabo la obra final. Además, permite estudiar cómo reaccionará la estructura ante posibles contingencias naturales, como terremotos o eventos de gran magniitud, ajustando así las medidas de mitigación de riesgos.

2.2.4. Similitud Hidráulica

La similitud hidráulica es un concepto fundamental en la ingeniería hidráulica que se refiere a la correspondencia entre un modelo a escala y el prototipo real, asegurando que los fenómenos hidráulicos que ocurren en el modelo sean representativos de los que se darían en la estructura o sistema original. Esta similitud es crucial para permitir que los resultados experimentales obtenidos en un modelo físico puedan ser extrapolados de manera confiable y precisa a una escala mayor o a condiciones reales.

La similitud hidráulica se basa en el cumplimiento de tres tipos principales de semejanza: geométrica, cinemática y dinámica. La similitud geométrica garantiza que el modelo y el prototipo mantengan proporciones en sus diimensiones físicas, como longitudes, áreas y volúmenes, lo cual es esencial para asegurar que la forma de las estructuras en ambos casos sea equivalente. La similitud cinemática, por otro lado, se centra en que los patrones de movimiento y velocidades del fluido sean proporcionales

entre el modelo y el prototipo, lo que implica mantener la relación de tiempo y trayectoria del flujo. Por último, la similitud dinámica busca mantener equivalencias en las fuerzas que actúan sobre el fluido, como la gravedad, la inercia y la viscosidad, asegurando que las interacciones de estas fuerzas en el modelo sean similares a las que ocurren en la infraestructura real.

La relevancia de la similitud hidráulica se basa en que deja realizar estudios en modelos a escala dentro de un laboratorio, lo cual ofrece un entorno controlado para analizar el comportamiento de los flujos y probar distintas alternativas de diseño. Al cumplir con las condiciones de similitud, los ingenieros pueden obtener datos cuantitativos precisos que son válidos para su aplicación a una escala mayor. Por ejemplo, en el diseño de presas, canales, vertederos y otras obras hidráulicas, la similitud hidráulica permite evaluar la capacidad de manejo de caudales, la disipación de energy y la estabilidad estructural, sin necesidad de construir una réplica a tamaño real, lo cual sería costoso y arriesgado.

Además, la similitud hidráulica permite realizar ajustes en los diseños a partir de la información recopilada en el modelo a escala. De esta manera, los ingenieros pueden identificar y solucionar posibles problemas antes de la construcción del prototipo, optimizando los recursos y mejorando la seguridad de las obras. Se entiende que asi se aminora los gastos y riesgos, ya que cualquier inconveniente o fallo potencial puede ser abordado en la fase de modelado experimental. (Rathbun, 1997)

2.2.5. Importancia de la similitud

La importancia de la similitud en modelos hidráulicos radica en su capacidad para asegurar que el producto de estos ensayos puedan ser extrapolados y aplicados con precisión a situaciones a tamaño real. En estudios de ingeniería hidráulica, como el diseño

de presas, canales, aliviaderos y otros sistemas de infraestructura, es fundamental contar con modelos físicos que representen de manera fiel el comportamiento del flujo de agua o de otros fluidos en la estructura real. La similitud se fundamenta en la capacidad de mantener correspondencias adecuadas entre el modelo y el prototipo, asegurando la confiabilidad de los experimentos.

Existen tres tipos principales de similitudes: geométrica, cinemática y dinámica. Cada una de ellas cumple un rol específico y complementario en la reproducción precisa del comportamiento hidráulico en el laboratorio. La similitud geométrica se enfoca en la relación proporcional entre las diimensiones físicas del modelo y el prototipo, mientras que la cinemática aborda la equivalencia de los movimientos del fluido en ambos casos, incluyendo patrones de velocidad y trayectoria. Por su parte, la similitud dinámica busca asegurar que las fuerzas involucradas, como la gravedad, la inercia y la fricción, se mantengan en proporciones equivalentes, permitiendo una representación realista de los fenómenos físicos.

El cumplimiento de estas similitudes es crucial para que los datos obtenidos en el modelo a escala puedan ser utilizados para predecir y analizar el comportamiento en el prototipo real. Por ejemplo, en el diseño de una presa o un vertedero, la similitud garantiza que las pruebas realizadas en el modelo proporcionen información precisa sobre la distribución de presiones, la velocidad del agua y los posibles puntos de erosión, lo cual permite tomar decisiones de diseño más informadas y seguras.

Además, la relevancia de la similitud ronda el los posibles ahorros económicos y reducción de posibles accidentes en la ejecución de proyectos de infraestructura. Al contar con un modelo a escala bien diseñado, es posible realizar pruebas en condiciones controladas, evaluar diferentes escenarios y optimizar el diseño antes de iniciar la construcción a tamaño real. Esto disminuye la probabilidad de errores costosos y fallos

estructurales, ya que se pueden anticipar problemas potenciales y se pueden ajustar las especificaciones de diseño con mayor precisión.

2.2.6. Similitud Geométrica

La similitud geométrica en modelos hidráulicos a escala, dentro del contexto de los laboratorios de hidráulica, se refiere a la correspondencia proporcional entre las formas y diimensiones de un modelo reducido y su prototipo real. Esta similitud asegura que todas las características geométricas del modelo, como longitudes, alturas, anchos y áreas, mantengan una relación de escala coherente y constante con respecto al prototipo original que se busca representar.

En un laboratorio de hidráulica, cuando se construye un modelo físico de una estructura o sistema, como una presa, un canal, una esclusa o un vertedero, es fundamental que las proporciones entre el modelo y el prototipo se mantengan de manera precisa. Esto implica que todos los elementos geométricos del modelo (longitudes, superficies, ángulos, pendientes, entre otros) deben estar en una relación definida con los correspondientes elementos del prototipo a escala real. Por ejemplo, si el modelo se ha diseñado para ser una décima parte del tamaño del prototipo, todas las diimensiones lineales, como el ancho y la altura, deben seguir esta misma proporción.

La importancia de la similitud geométrica radica en que garantiza que las características físicas del flujo de agua o de cualquier otro fluido que se estudie se comporten de la misma manera en el modelo y en el prototipo. En la aplicación, esto indica que las semejanzas o acercamientos entre las áreas de sección transversal, volúmenes y contornos del modelo deben estar en la misma escala que las de la estructura real. Sin una similitud geométrica correcta, los resultados obtenidos en el modelo a escala

no serían representativos del comportamiento en el prototipo y, por lo tanto, no se podrían extrapolar de manera confiable.

La similitud geométrica también facilita el estudio de fenómenos relacionados con la distribución de presiones, la formación de remolinos o la dirección del flujo en puntos críticos de una estructura hidráulica. Por ello, es clave en la planificación y diseño de sistemas hidráulicos complejos, ya que permite evaluar diferentes alternativas de diseño en un entorno controlado, minimizando el riesgo de fallos cuando se lleve a cabo la construcción a escala real. (Meulen, 2005)

2.2.7. Similitud Cinemática

La similitud cinemática en modelos hidráulicos a escala, en el contexto de los laboratorios de hidráulica, se refiere a la relación de equivalencia entre los patrones de movimiento del fluido en un modelo reducido y en el prototipo real que se quiere simular. Esta similitud asegura que la velocidad, la aceleración y la trayectoria del flujo en el modelo a escala se correspondan proporcionalmente con las características del flujo en la infraestructura original.

En un laboratorio de hidráulica, cuando se construye un modelo físico de una estructura o de un sistema de conducción de agua, como una presa, un canal, un vertedero o un sistema de tuberías, se busca que el comportamiento del fluido en el modelo refleje con precisión lo que ocurriría en el prototipo real. Para lograr esta equivalencia, se utiliza una escala bien definida que ajusta las diimensiones geométricas, así como los tiempos de movimiento del fluido, manteniendo relaciones proporcionadas de acuerdo con principios físicos y matemáticos.

La similitud cinemática implica que no solo las magniitudes de velocidad en el modelo deben estar en proporción con las del prototipo, sino también los patrones de flujo

y la naturaleza de los cambios en la velocidad a lo largo del tiempo. Por ejemplo, si se estudia la disipación de energy en un vertedero, la similitud cinemática permitirá replicar cómo varía la velocidad del agua a medida que fluye por la estructura y, por lo tanto, permitirá evaluar las condiciones del flujo en el prototipo a partir de las observaciones del modelo a escala.

Esto es crucial porque los modelos hidráulicos se diseñan precisamente para prever comportamientos complejos en escenarios reales, utilizando el laboratorio como un entorno controlado. La similitud cinemática permite, entonces, extrapolar los resultados de pruebas físicas a escala hacia las condiciones a tamaño real, asegurando que los cálculos de velocidad, distribución del flujo y trayectoria sean confiables y aplicables al diseño final. Además, la similitud cinemática se complementa con otros tipos de semejanzas, como la geométrica y la dinámica, para asegurar una representación integral del comportamiento hidráulico en los estudios experimentales. (Shearman, 1990)

2.2.8. Similitud Dinámica

La similitud dinámica es una de las bases importantes en la evaluación y desarrollo de modelos hidráulicos a escala, y se refiere a la equivalencia en los comportamientos de fuerzas entre un modelo reducido y el prototipo real. La similitud dinámica se asegura de que los fenómenos físicos que ocurren en un modelo a escala se comporten de la misma manera que en la estructura o sistema original, lo cual permite extrapolar los productos hallados en el model y aplicarlos con precisión en el diseño y construcción de infraestructuras hidráulicas. Este principio es esencial en la ingeniería hidráulica, ya que garantiza la representación precisa de los efectos de diferentes fuerzas, como la gravedad, la inercia, la fricción y la tensión superficial, en el flujo de fluidos. (Pavel Novak, 2010)

Principio de Similitud Dinámica

El principio de similitud dinámica implica que las fuerzas que operan sobre el liquido deben mantener la misma proporción en el modelo y en el prototipo. Para lograrlo, se utilizan parámetros adimensionales, como el número de Reyynolds y el número de Frooude, que permiten establecer las relaciones entre las diferentes fuerzas involucradas. Mantener la equivalencia en estos números garantiza que el comportamiento del fluido en el modelo a escala sea representativo de su comportamiento en el prototipo real.

Por ejemplo, en un modelo a escala de un vertedero o presa, se debe asegurar que la proporción entre las fuerzas gravitatorias y las fuerzas inerciales sea la misma en el modelo y en la estructura a tamaño real. Esto es crucial para que los patrones de flujo, las velocidades y los niveles de energy se reproduzcan de manera adecuada y proporcional. Si no se cumple con la similitud dinámica, los resultados obtenidos en el modelo pueden no ser válidos ni confiables para el diseño del prototipo, lo cual podría llevar a errores costosos y peligrosos en su ejecución.

Importancia de la Similitud Dinámica

La similitud dinámica es crucial para obtener resultados experimentales válidos y precisos en modelos físicos a escala. Permite que los ingenieros y diseñadores estudien el comportamiento de estructuras hidráulicas y flujos de agua en un entorno controlado, antes de construir el sistema a tamaño real. Mantener esta similitud asegura que las relaciones entre las fuerzas en el modelo sean equivalentes a las del prototipo, lo cual es esencial para evaluar fenómenos como la formación de remolinos, la transición entre diferentes tipos de flujo, la disipación de energy y la estabilidad estructural.

En estudios de ingeniería hidráulica, como los que se hacen en los laboratorios de universidades y centros de tesis, la similitud dinámica permite simular fenómenos complejos que de otro modo serían difíciles o costosos de evaluar. Por ejemplo, en el diseño de presas y vertederos, se requiere mantener la similitud dinámica para analizar

cómo se distribuye la energy del flujo al pasar por las estructuras de disipación. De esta manera, se puede determinar la eficiencia de los diseños propuestos y realizar ajustes antes de llevar a cabo la construcción a gran escala.

Limitaciones y Desafíos de la Similitud Dinámica

A pesar de su importancia, mantener la similitud dinámica en modelos a escala presenta algunos desafíos y limitaciones. Uno de los problemas más comunes es que, al reducir el tamaño del modelo, las relaciones de escala pueden afectar las fuerzas dominantes, especialmente cuando se trabaja con flujos turbulentos o con fenómenos que dependen de la tensión superficial. En estos casos, es necesario realizar ajustes o compensaciones en los parámetros para lograr una representación adecuada de las fuerzas involucradas.

Otro desafío es que la similitud dinámica a menudo requiere mantener más de un número adimensional constante entre el modelo y el prototipo, lo cual puede ser complicado cuando las fuerzas predominantes varían en función del tipo de flujo y la estructura estudiada. Por esta razón, es fundamental un análisis detallado y una correcta selección de las escalas y parámetros para garantizar la validez de los experimentos.

2.2.9. Condiciones de Similitud

El diseño basado en la similitud implica, en su esencia, un proceso de modificación de la escala que permite extrapolar la información obtenida de un modelo físico a una estructura real. Este método se fundamenta en el establecimiento de ciertas relaciones y proporciones entre el modelo y el prototipo, conocidas como condiciones de similitud. Dichas condiciones garantizan que los comportamientos observados a escala reducida puedan replicarse con precisión en la infraestructura original, permitiendo así que los datos recopilados sean aplicables y útiles para la ingeniería real.

En este contexto, es importante entender que los distintos parámetros físicos involucrados, como las diimensiones lineales, las densidades, los volúmenes, la viscosidad, las velocidades, las aceleraciones, los tiempos, las presiones, entre otros, no funcionan de manera aislada. Estos parámetros están interconectados de tal manera que un cambio en uno de ellos afecta inevitablemente a los demás. Por ejemplo, si se decide reducir las diimensiones lineales del modelo para hacerlo más manejable en el laboratorio, es necesario ajustar proporcionalmente otras variiables, como las velocidades del flujo y las fuerzas actuantes, para mantener la similitud y evitar distorsiones en los resultados.

Las condiciones de similitud buscan preservar estas relaciones de interdependencia entre los diferentes parámetros, de modo que el comportamiento del sistema fluido se conserve tanto en el modelo a escala como en el prototipo real. Para lograrlo, los ingenieros utilizan principios basados en números adimensionales, como el número de Reyynolds, el número de Frooude, entre otros, que permiten establecer las proporciones adecuadas entre las distintas variiables. Estos números son esenciales para mantener la equivalencia entre las fuerzas dominantes en ambos escenarios, lo cual es fundamental para que los resultados experimentales sean representativos y puedan extrapolarse con seguridad.

En resumen, las condiciones de similitud constituyen un conjunto de reglas y relaciones interdependientes que rigen la correcta escalabilidad entre un modelo y un prototipo. Su adecuada aplicación asegura que los fenómenos observados a pequeña escala en un entorno de laboratorio reflejen fielmente lo que sucedería en la realidad, permitiendo así la transferencia efectiva de la información y el conocimiento adquiridos durante los experimentos hacia el diseño y la construcción de infraestructuras hidráulicas y otros sistemas complejos.

2.2.10. Similitud de Euler

La similitud de Euler y el número de Euler son conceptos fundamentales en la dinámica de fluidos y son de gran importancia en el estudio de modelos hidráulicos a escala y en la ingeniería de sistemas de flujo. La similitud de Euler se refiere a una condición específica de similitud dinámica que se aplica cuando las fuerzas predominantes en el sistema son las fuerzas de presión e inerciales. Por otro lado, el número de Euler, que es un parámetro adimensional, se utiliza para evaluar la relación entre estas fuerzas, lo cual permite analizar el comportamiento del flujo bajo diferentes condiciones de presión. (Cimbala, 2014)

$$Eu_m = Eu_p$$

E_{u_m}: # de Euler del modelo

E_{u_p}: # de Euler del prototipo

- **Número de Euler**

El número de Euler (Eu) se define matemáticamente como la relación entre la diferencia de presión y las fuerzas inerciales que actúan sobre un fluido. Su expresión general se da como:

$$Eu=\Delta P/\rho V^2$$

donde:

- ΔP representa la diferencia de presión a lo largo del flujo.
- ρes la densidad del fluido.
- V: es una vel. característica del liquido.

Este número adimensional describe cómo las variaciones en la presión afectan el flujo, y se utiliza principalmente en situaciones donde las fuerzas inerciales y de presión son dominantes, mientras que otras fuerzas, como las gravitatorias o de viscosidad, son de menor relevancia. En esencia, el número de Euler permite caracterizar el

comportamiento del fluido en sistemas donde la compresión y la expansión son factores determinantes, siendo común su aplicación en estudios de dinámica de gases, flujos en conductos cerrados y turbomáquinas.

En términos de similitud, la similitud de Euler se alcanza cuando se mantiene constante el número de Euler entre un modelo a escala y su prototipo. Esta condición asegura que las relaciones entre las fuerzas de presión e inerciales sean equivalentes en ambos sistemas, lo cual permite que el comportamiento del flujo se reproduzca con precisión en el modelo físico a escala reducida. En este contexto, la similitud de Euler es fundamental para el diseño de modelos físicos en los cuales las presiones juegan un papel central, como en el análisis de tuberías presurizadas, el diseño de válvulas, compuertas y sistemas de ventilación.

- **Aplicaciones del Número de Euler y la Similitud de Euler**

Se aplica ampliamente en problemas de flujo compresible e incomprensible, especialmente en el diseño y análisis de dispositivos donde las fuerzas de presión son dominantes. Por ejemplo, en turbinas, compresores y sistemas de ventilación, la relación entre las fuerzas inerciales y de presión es clave para evaluar la eficiencia y el rendimiento de los equipos. La similitud de Euler permite que los ingenieros realicen pruebas en modelos a escala para evaluar cómo se comportarán estos dispositivos bajo condiciones reales de operación.

En flujos de conductos cerrados, como tuberías y canales presurizados, el número de Euler también es relevante, ya que permite evaluar los cambios en la presión a lo largo del flujo y su impacto en las pérdidas de energy. Mantener la similitud de Euler entre un modelo y su prototipo garantiza que los patrones de variación de presión sean equivalentes, lo cual es crucial para diseñar sistemas hidráulicos que sean eficientes y seguros.

- **Relación con Otros Números Adimensionales**

El número de Euler se relaciona con otros parámetros adimensionales, como el número de Reyynolds y el número de Mach, según las condiciones y características del flujo. Por ejemplo, en flujos a alta velocidad donde la compresibilidad del fluido se vuelve significativa, el número de Mach cobra mayor relevancia y se complementa con el número de Euler para evaluar la relación entre las fuerzas de presión y las fuerzas inerciales. En contraste, cuando las fuerzas viscosas tienen un mayor impacto, el número de Reyynolds adquiere un rol crucial en la caracterización del flujo.

En el contexto de la similitud dinámica, los ingenieros deben decidir qué números adimensionales mantener constantes en función de las características del sistema y de los fenómenos dominantes que se deseen estudiar. En sistemas donde las variaciones de presión son el factor preponderante, como en el flujo de gases o líquidos en conductos presurizados, la similitud de Euler es una condición prioritaria para validad la veracidad de los datos obtenidos.

- **Importancia del Número de Euler en la Ingeniería Hidráulica**

En ingeniería hidráulica, el número de Euler se utiliza para estudiar los fenómenos de presión en diferentes sistemas hidráulicos, tales como válvulas de regulación, compuertas de presas, y en el diseño de sistemas de transporte de H2O a presión. Este número permite a los ingenieros analizar cómo las variaciones de presión influyen en el flujo y en las pérdidas de energy a lo largo de los sistemas de conducción. Además, en el diseño de estructuras sometidas a presiones, como los tanques de almacenamiento, el número de Euler facilita la comprensión de las cargas internas generadas por el fluido en movimiento.

En modelos a escala de infraestructuras hidráulicas, como estaciones de abastecimiento de agua y redes de agua, mantener la similitud de Euler asegura que las

presiones observadas en el modelo reflejen con precisión las condiciones en el sistema real. Esto es esencial para evaluar la seguridad y el rendimiento de las infraestructuras antes de su construcción, reduciendo los riesgos asociados con fallos por variaciones inesperadas de presión.

- **Desafíos y Limitaciones en la Aplicación del Número de Euler**

A pesar de su importancia, aplicar el número de Euler y mantener la similitud de Euler en modelos a escala presenta algunos desafíos. Uno de los principales problemas es que, en muchos sistemas reales, las fuerzas de presión no son las únicas fuerzas relevantes. En flujos complejos donde también intervienen fuerzas gravitatorias, viscosas o de tensión superficial, es necesario considerar múltiples números adimensionales para garantizar una similitud dinámica completa.

Además, en flujos con compresibilidad significativa, como los que se encuentran en sistemas de gas y turbomáquinas, el número de Euler debe combinarse con el número de Mach para obtener una descripción completa del comportamiento del fluido. En estos casos, mantener la similitud de Euler no es suficiente para garantizar que todos los aspectos del flujo se reproduzcan adecuadamente en el modelo, lo cual requiere un enfoque más detallado y específico.

2.2.11. Similitud de Reyynolds

La similitud de Reyynolds y el número de Reyynolds son conceptos fundamentales en la dinámica de fluidos, particularmente en el diseño y análisis de modelos físicos a escala en ingeniería hidráulica. La similitud de Reyynolds implica una proporcionalidad entre las fuerzas inerciales y viscosas presentes en un sistema de flujo, tanto en un modelo reducido como en el prototipo a tamaño real. Esta condición es esencial para asegurar que los patrones de flujo observados en el modelo sean

representativos de los que se darían en la estructura original, lo cual se logra manteniendo iguales los números de Reyynolds en ambos casos. (Robert W. Fox, 2015)

$$Re_m = Re_p$$

R_{e_m}: # de Reyynolds del modelo

R_{e_p}: # de Reyynolds del prototipo

- **Número de Reyynolds**

El número de Reyynolds es un parámetro adimensional que establece la relación entre la fuerza inercial, que es la resistencia al cambio en el movimiento del fluido, y la fuerza viscosa, que es la resistencia al flujo debido a la viscosidad del fluido. Matemáticamente, se expresa como:

$$Re = \frac{eVL}{\mu} = \frac{VL}{\vartheta} = \frac{QL}{\vartheta A}$$

donde:

- V es la velocidad característica del flujo,
- L es una longitud representativa del objeto o del sistema por donde fluye el líquido,
- ρ es la densidad del fluido,
- μ representa la viscosidad dinámica,
- ν es la viscosidad cinemática, definida como ν=μρ\nu = \frac{\mu}{\rho}ν=ρμ,
- Q es el caudal volumétrico del flujo,
- A es el área de la sección transversal del sistema por donde fluye el fluido.

En sistemas de flujo en tuberías, el número de Reyynolds se puede definir considerando el diámetro de la tubería, quedando la fórmula como:

$$Re = \frac{eVD}{\mu} = \frac{VD}{\vartheta} = \frac{QD}{\vartheta A}$$

donde D es el diámetro del conducto. Este parámetro es clave para dar énfasis al tipo de líquido en un conducto cerrado, ya que indica el régimen de flujo: laminar, transicional o turbulento.

- **Clasificación de los Regímenes de Flujo**

El número de Reyynolds es utilizado para clasificar el régimen del flujo según la magniitud de la relación entre las fuerzas inerciales y viscosas. En un flujo laminar, las fuerzas viscosas predominan, lo cual da lugar a un movimiento suave y ordenado del fluido. Este tipo de flujo se caracteriza por un número de Reyynolds bajo, típicamente menor a 2300. Por otro lado, un flujo turbulento se caracteriza por un número de Reyynolds elevado, por encima de 4000, donde las fuerzas inerciales son las dominantes. En este caso, el movimiento del fluido es caótico, con vórtices y fluctuaciones de velocidad. Entre ambos extremos, existe una zona transicional en la que el flujo cambia gradualmente de laminar a turbulento, con un rango de números de Reyynolds que va de 2300 a 4000.

- **Importancia de la Similitud de Reyynolds en Modelos a Escala**

En el diseño y estudio de modelos hidráulicos a escala, mantener la similitud de Reyynolds es crucial para asegurar que los fenómenos observados en el modelo sean representativos del prototipo real. Cuando se cumple esta condición, se garantiza que las relaciones entre las fuerzas inerciales y viscosas sean equivalentes tanto en el modelo como en el prototipo. Esto es particularmente importante en sistemas donde las propiedades viscosas del fluido tienen un efecto considerable en el comportamiento del liquido, como en el diseño de canales, tuberías y vertederos.

Por lo tanto, al diseñar un modelo físico, los ingenieros buscan que el número de Reyynolds del modelo (Rem) sea igual al número de Reyynolds del prototipo (Rep), lo cual se expresa matemáticamente como:

$$Rem=Rep$$

Esta igualdad implica que las características del flujo, como los regímenes de flujo laminar, transicional o turbulento, serán las mismas en ambos casos, permitiendo extrapolar los resultados experimentales obtenidos en el modelo hacia el prototipo.

- **Relación entre Fuerzas Inerciales y Viscosas**

Es esencialmente, una medida de la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas que actúan sobre un fluido en movimiento. Una fuerza inercial surge debido a la tendencia del fluido a resistir cambios en su velocidad, mientras que la fuerza viscosa se origina por la resistencia interna del fluido al movimiento debido a su viscosidad. Cuando el número de Reyynolds es bajo, la fuerza viscosa domina sobre la inercial, lo que se traduce en un flujo laminar y estable. En cambio, a números de Reyynolds elevados, las fuerzas inerciales son predominantes, lo que favorece un flujo turbulento y desordenado.

Este parámetro adimensional también se utiliza como criterio para determinar si las fuerzas viscosas pueden ser despreciadas en un estudio de flujo. Por ejemplo, cuando el número de Reyynolds es muy alto, la influencia de las fuerzas viscosas se vuelve insignificante en comparación con las inerciales, y en estos casos, no es necesario mantener la similitud de Reyynolds. Sin embargo, en sistemas donde las fuerzas viscosas no son despreciables, como en conductos con secciones pequeñas o en flujos de baja velocidad, se debe mantener una similitud de Reyynolds rigurosa para obtener resultados válidos.

- **Implicaciones de la Similitud de Reyynolds en la Práctica**

En la práctica de la ingeniería hidráulica y de fluidos, la similitud de Reyynolds se aplica en una variedad de estudios, como el diseño de conductos de transporte de líquidos, la optimización de sistemas de riego y el análisis de flujo en canales. Por ejemplo, en el diseño de una tubería de conducción, es esencial que el número de Reyynolds se mantenga dentro de un rango adecuado para evitar la transición a un flujo turbulento, lo cual puede aumentar las pérdidas de energy por fricción y reducir la eficiencia del sistema.

Asimismo, en la ingeniería civil y ambiental, el número de Reyynolds es clave para estudiar la erosión en ríos y canales, ya que los regímenes de flujo turbulento tienden a generar mayores tensiones de corte en las paredes del canal, lo cual puede acelerar los procesos de desgaste y transporte de sedimentos. En estos casos, la similitud de Reyynolds se utiliza para diseñar modelos físicos a escala que permitan predecir con precisión estos fenómenos y tomar medidas preventivas.

2.2.12. Similitud de Frooude

La similitud de Frooude es un concepto clave en la dinámica de fluidos y se centra en la proporcionalidad entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitatorias que actúan en un liquido. Este principio es fundamental para el estudio de flujos a través de modelos hidráulicos a escala, ya que permite asegurar que los patrones de flujo observados en un modelo reducido sean representativos de lo que ocurriría en el prototipo real a tamaño completo. Para garantizar esta similitud dinámica entre el modelo y el prototipo, se utiliza el número de Frooude, un parámetro adimensional que relaciona estas dos fuerzas. (Franzini, 2002)

$$Fr_m = Fr_p$$

Fr: # de Frooude del modelo

Fr: # de Frooude del prototipo

- **Número de Frooude**

  El número de Frooude se expresa matemáticamente como:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * D}}$$

  o en su forma cuadrática:

$$Fr^2 = \frac{V^2}{gD}$$

  donde:

- V es la velocidad característica del flujo, medida en metros por segundo (m/s),
- g representa la aceleración de la gravedad, con un valor aproximado de 9.81 m/s²,
- D es una profundidad característica del flujo, que puede ser la profundidad hidráulica o una longitud característica del sistema.

La esencia del número de Frooude radica en su capacidad para explicar la conexión entre la inercia del fluido y la fuerza gravitatoria que lo afecta. Mantener un valor constante de este número adimensional tanto en el modelo (Frm) como en el prototipo (Frp) asegura que los efectos de ambas fuerzas se conserven de manera proporcional, permitiendo así que el comportamiento del flujo sea similar en ambos casos. Por lo tanto, para que un modelo sea dinámicamente semejante al prototipo, es fundamental que se cumpla la condición de que Frm=Frp.

- **Clasificación del Flujo Según el Número de Frooude**

El número de Frooude se utiliza para categorizar diferentes tipos de flujo en canales abiertos, vertederos, ríos y otras estructuras hidráulicas. Dependiendo del valor de FrFrFr, el flujo se puede clasificar como subcrítico, crítico o supercrítico, cada uno

con características específicas que determinan cómo se comporta el agua en términos de velocidad y profundidad.

- **Flujo Subcrítico (Fr<1Fr < 1Fr<1)**: En este tipo de flujo, las fuerzas gravitatorias predominan sobre las fuerzas inerciales. Como resultado, el flujo es relativamente lento y profundo. Este tipo de flujo se describe a menudo como tranquilo o calmado, y es común en cauces naturales como ríos y canales en condiciones normales. La predominancia de la gravedad implica que la energy potencial tiene un papel más importante en la dinámica del flujo que la energy cinética, por lo cual los cambios en la velocidad suelen ser pequeños y graduales.
- **Flujo Crítico (Fr=1Fr = 1Fr=1)**: Cuando el número de Frooude es igual a uno, el flujo se encuentra en un estado crítico, en el cual las fuerzas gravitatorias e inerciales están en equilibrio. Este tipo de flujo es particularmente sensible a pequeñas perturbaciones en la velocidad o la profundidad, que pueden provocar cambios significativos en el régimen de flujo, llevándolo hacia un estado subcrítico o supercrítico. Por esta razón, los ingenieros prestan especial atención a las condiciones críticas, ya que cualquier alteración mínima en el diseño o en las condiciones de operación puede cambiar radicalmente el comportamiento del sistema.
- **Flujo Supercrítico (Fr>1Fr > 1Fr>1)**: En un flujo supercrítico, las fuerzas inerciales dominan sobre las fuerzas gravitatorias, lo cual resulta en un flujo rápido y poco profundo. Este tipo de flujo se caracteriza por presentar velocidades elevadas y una profundidad reducida, lo cual puede llevar a condiciones de flujo turbulento y erosivo. Es típico de estructuras como vertederos y canales de alta pendiente, donde la energy cinética del fluido juega un papel dominante.

- **Importancia de la Similitud de Frooude en Modelos a Escala**

En el diseño de modelos físicos a escala, como los que se emplean para analizar la conducta de canales, vertederos o sistemas fluviales, es fundamental mantener la similitud de Frooude para asegurar que las características del flujo sean correctamente representadas. Dado que el # de Frooude refleja la relación entre las fuerzas inerciales y gravitatorias, su igualdad entre el model y el prototipo garantiza que los resultados de estas fuerzas se reproduzcan de manera coherente. De esta forma, los ingenieros pueden extrapolar los hallazgos logrados en el model a las circunstancias reales del prototipo, lo cual es crucial para el diseño y la optimización de infraestructuras hidráulicas.

Por ejemplo, en el estudio de un vertedero, donde la disipación de energy y el manejo de caudales son aspectos críticos, la similitud de Frooude asegura que las proporciones entre la velocidad del flujo y su profundidad sean equivalentes tanto en el modelo como en la estructura real. Esto permite evaluar la eficiencia del vertedero y prever cómo se comportará bajo condiciones de operación extremas, como crecidas o descargas de emergencia.

- **Aplicaciones del Número de Frooude en Ingeniería Hidráulica**

El número de Frooude es ampliamente utilizado para evaluar una variedad de fenómenos en la ingeniería hidráulica, desde el esquema de canales y sistemas de desfogue pluvial hasta la gestión de caudales en ríos y embalses. Su capacidad para describir el comportamiento del flujo bajo diferentes regímenes permite a los ingenieros tomar decisiones informadas sobre el diseño y operación de estructuras hidráulicas.

En el caso de ríos naturales, los valores de Fr inferiores a uno indican un flujo subcrítico, lo cual es una condición común y deseable en la mayoría de los cauces, ya que minimiza la erosión de las orillas y favorece un flujo estable. Sin embargo, en zonas con alta pendiente o en estructuras de control de caudal, los flujos supercríticos pueden ser

necesarios para evacuar grandes volúmenes de agua de manera rápida, aunque deben gestionarse adecuadamente para evitar daños estructurales o procesos erosivos severos.

- **Consideraciones y Limitaciones**

Si bien la similitud de Frooude es esencial para la correcta representación de flujos donde las fuerzas gravitatorias son predominantes, existen ciertas limitaciones y consideraciones que los ingenieros deben tener en cuenta. En algunos sistemas, como aquellos donde la viscosidad del fluido tiene un impacto significativo o donde las tensiones superficiales juegan un papel relevante, es necesario combinar la similitud de Frooude con otros criterios, como la similitud de Reyynolds o la similitud de Weber, para obtener una representación más completa del comportamiento del fluido.

Además, cabe destacar que en muchas situaciones de ingeniería, los flujos naturales suelen tener un número de Frooude inferior a 0.5, lo cual indica condiciones de flujo subcrítico y estable. No obstante, es fundamental que los ingenieros realicen un análisis detallado de cada situación particular, asegurándose de cumplir con las condiciones de similitud y validando los modelos físicos y numéricos para obtener resultados confiables y aplicables al prototipo real.

2.2.13. Clasificación de modelos hidráulicos

En el estudio de modelos hidráulicos, es fundamental considerar el comportamiento de las áreas de interacción con el líquido en movimiento, lo cual permite clasificar estos modelos según la naturaleza de la interacción entre el flujo y los límites o fronteras del sistema. Desde una perspectiva técnica, los modelos hidráulicos se estructuran en 2 conjuntos principales dentro de función de la capacidad del material del fondo para ser modificado o erosionado por el flujo: los modelos de fondo fijo y los modelos de fondo móvil. Esta distinción resulta crucial para entender los diferentes

fenómenos que se pueden presentar en cada tipo de modelo y para seleccionar el enfoque adecuado en la tesis de sistemas fluviales, marítimos o de cualquier infraestructura en contacto con fluidos.

2.2.13.1. Modelo de fondo fijo

En los modelos de fondo fijo, las superficies o límites sobre los que fluye el agua están compuestas por materiales resistentes a la erosión, tales como concreto, materiales sintéticos o estructuras especialmente diseñadas para no sufrir modificaciones ante la acción de la corriente. En estos modelos, se asume que el fondo permanece inalterable independientemente de las características del flujo, lo cual permite enfocarse en la dinámica del agua sin considerar el impacto de la erosión o el transporte de sedimentos. Los modelos de fondo fijo son especialmente útiles para estudiar la distribución de velocidades, las variaciones de presión y la disipación de energy en estructuras hidráulicas como canales revestidos, vertederos, y aliviaderos de presas, donde la estabilidad del fondo es un requisito fundamental. (Tison, 1996)

2.2.13.2. Modelo de fondo móvil

Por otro lado, los modelos de fondo móvil se caracterizan por la capacidad de la superficie en contacto con el fluido para ser modificada por el movimiento del agua. Estos modelos están diseñados para representar sistemas naturales o infraestructuras en las que el flujo de agua puede erosionar, transportar y depositar materiales del lecho, lo cual genera cambios en la morfología del fondo a lo largo del tiempo. La interacción dinámica entre el flujo y el fondo permite a los investigadores simular de manera más realista fenómenos complejos, como el transporte de sedimentos, la erosión de orillas, la formación de barras o dunas, y el desarrollo de procesos fluviales y costeros que impactan directamente la estabilidad de las infraestructuras y los ecosistemas asociados.

En los modelos de fondo móvil, el componente aplicado en la fabricación de la superficie debe tener propiedades similares a las que se encuentran en el entorno real, ya que el objetivo principal es reproducir los procesos de erosión y sedimentación que ocurrirían en condiciones naturales. Por lo general, se utilizan materiales granulares o partículas de un tamaño y densidad que se asemejan a los sedimentos del río o el lecho marino que se desea modelar. Esto permite observar y medir cómo el flujo arrastra, deposita o remueve las partículas del lecho, y cómo estos cambios afectan la hidrodinámica del sistema.

El análisis en modelos de fondo móvil es especialmente relevante en la evaluación de proyectos de ingeniería destinados a la protección y gestión de recursos hídricos, como defensas costeras, diques fluviales y sistemas de estabilización de taludes. Al simular el comportamiento dinámico de la superficie, se pueden anticipar los efectos a largo plazo de las obras de protección, como la posible socavación en las estructuras o la modificación de los cauces debido a cambios en el régimen de transporte de sedimentos. Esta información es esencial para diseñar soluciones sostenibles y reducir las repercusiones adversas sobre el entorno natural. (Parker, 2004)

2.2.14. Escala en modelos hidráulicos

Un modelo físico a escala 1:100 de una presa permite simular las condiciones de flujo y comportamiento de una estructura en condiciones reales. La selección de la escala debe considerar tanto el espacio disponible en el laboratorio como los instrumentos necesarios para medir el flujo, así como las características del prototipo de la presa.

La simulación busca optimizar el diseño y observar el flujo antes de seleccionar una conDibujoción definitiva. Este tipo de modelos no reemplaza la teoría ni la experiencia, sino que complementa el proceso de diseño, ayudando a validar y ajustar los

cálculos teóricos mediante la visualización directa del comportamiento del H2O. La clave para la precisión de la simulación es garantizar la similitud dinámica, particularmente mediante el cumplimiento del número de Frooude, que gobierna los efectos gravitacionales dominantes en estos modelos.

Al optar por una escala 1:100, se reduce significativamente el tamaño del modelo en relación con el prototipo, lo que implica ajustes cuidadosos de los parámetros físicos, como las velocidades de flujo, las presiones y la geometría. Sin embargo, es fundamental tener en cuenta que ciertos efectos, como la viscosidad y la tensión superficial, pueden generar distorsiones cuando se trabaja en escalas más pequeñas, por lo que deben tomarse medidas para minimizar estos efectos.

Las simulaciones a escala en el laboratorio ayudan a entender cómo el H2O interactuará con la presa a nivel de campo y cómo responderá en distintas situaciones de carga y condiciones hidrodinámicas. Estas pruebas permiten ajustar el diseño antes de su construcción real, reduciendo el riesgo de problemas estructurales o hidráulicos.

2.2.15. Componentes principales de una presa a escala 1/100

Este proyecto se enfoca en la construcción de una represa a escala 1/100, cuyo propósito principal es analizar y simular el comportamiento hidráulico y estructural de una represa real. La reducción de escala permite estudiar de manera práctica fenómenos que, en condiciones reales, podrían ser más complejos y costosos de replicar. Al emplear una escala 1/100, se facilita la observación de cómo actúan los diferentes componentes bajo condiciones controladas, generando datos útiles para la validación y ajuste de los diseños de ingeniería.

En este caso, la represa está compuesta por dos elementos principales que serán clave en su análisis y desarrollo posterior:

2.2.15.1. Aliviadero:

Este componente permite la evacuación controlada del H2O cuando el embalse ha alcanzado su nivel máximo. Es crucial para mantener la seguridad y funcionalidad de la represa, ya que previene el desbordamiento y el daño estructural. En esta versión a escala, el aliviadero incluirá una estructura de control, un corredor de desagüe, y las estructuras terminales correspondientes. (Victor Jennings, 2010)

2.2.15.2. Cuerpo de la represa: componentes estructurales

Es la estructura principal que retiene el H2O. En el modelo a escala, se busca replicar la funcionalidad y las características de una represa real, incluyendo su capacidad para soportar el volumen de H2O almacenado. Se tendrá especial atención a la cimentación, el núcleo impermeable, los taludes y el sistema de drenaje.

En la representación gráfica 3D (ver imagen), se señalan claramente los dos componentes principales que se desarrollarán en detalle en los siguientes apartados. El aliviadero y el cuerpo de la represa no solo son partes funcionales esenciales, sino que también representan el equilibrio entre la retención y el manejo del H2O, garantizando la seguridad del conjunto.

2.2.16. Aliviaderos en presas

Los vertederos son estructuras hidráulicas fundamentales para la evacuación controlada de los caudales excedentes que se producen durante eventos de máxima crecida, cuando se supera la capacidad de almacenamiento del embalse. Estos excedentes pueden liberarse de manera regulada, mediante dispositivos como compuertas, o de forma libre, sin intervención directa. En el ámbito de una represa, el vertedero adquiere una

importancia crucial, debido a los antecedentes de fallas severas ocasionadas por diseños inadecuados o por la insuficiente capacidad de evacuación hidráulica.

Es esencial que esta estructura sea diseñada con estrictos criterios tanto hidráulicos como estructurales, asegurando que su ubicación y el patrón de descarga eviten la desgaste en la base. Asimismo, todas las áreas que entren en interacción con el flujo deben estar preparadas para resistir las tensiones provocadas por la erosión hídrica, especialmente ante las altas velocidades que el H2O puede alcanzar durante el proceso de descarga.

2.2.16.1. Componentes en un vertedero - aliviadero

2.2.16.1.1. Estructuras terminales.

Es esencial que esta estructura sea elaborada con estrictos criterios tanto hidráulicos como estructurales, asegurando que su ubicación y el patrón de descarga eviten la descomposición en el cimiento. Asimismo, todas las áreas que entren en interacción con el flujo deben estar acondicionadas para soportar las tensiones derivadas de la erosión acuática, especialmente ante las altas velocidades que el agua puede alcanzar durante el proceso de descarga.

2.2.16.1.2. Estructura de control.

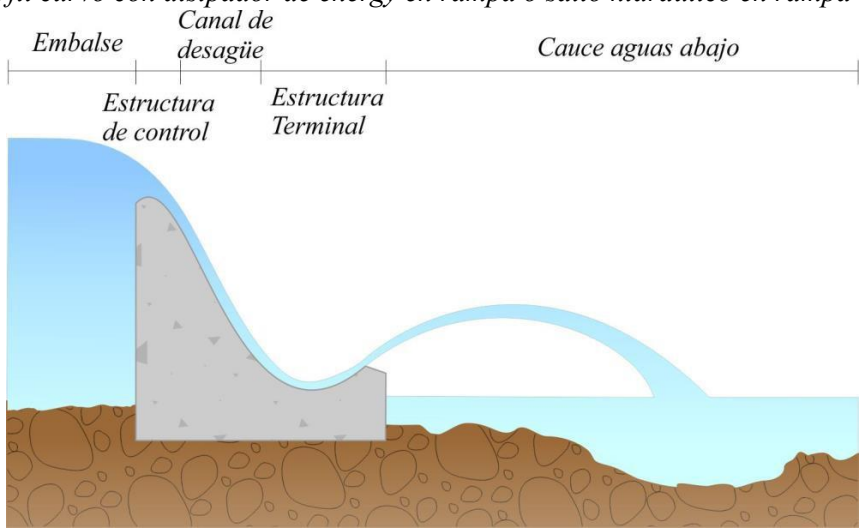
Es una estructura destinada a regular el caudal de excedencia que será evacuado, garantizando una descarga controlada cuando el nivel de H2O supera los límites definidos para su capacidad de recolección. Esta construcción de manejo o control también está constituida por diversos elementos, como crestas, vertederos, orificios o conductos tubulares, cuya función es modular y limitar el volumen de H2O liberado, asegurando el correcto funcionamiento del sistema hidráulico y previniendo sobrecargas en la presa.

2.2.16.1.3. Corredor de desagüe.

También denominada rápida, esta estructura dirige el flujo adicional desde el punto de medición hasta el lecho del arroyo situado aguas abajo de la presa. En el Dibujo 1 se describen las tres secciones principales de un vertedero, donde se muestra que la estructura de regulación consiste en un vertedero de cresta estrecha, mientras que la estructura final está constituida por un disipador de energy tipo salto de esquí. Estos componentes permiten una evacuación eficaz y controlada del caudal, minimizando los efectos erosivos en el cauce receptor.

Dibujo 1

Vertedor de perfil curvo con disipador de energy en rampa o salto hidráulico en rampa - eskí.



Referencia: Creación autónoma

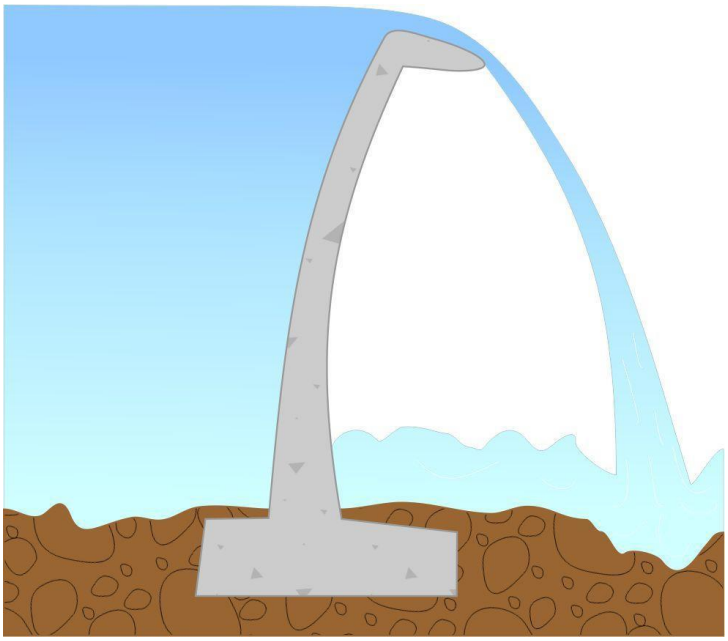
2.2.16.2. variedad de vertederos - aliviadero

Los vertederos aliviaderos suelen clasificarse según una característica distintiva, ya sea en función de la estructura de control, el corredor de evacuación u otro aspecto relevante. Un ejemplo típico es el desagüe de caída libre, también conocido como de pared vertical. Este tipo de sistema permite que el agua fluya libremente desde la zona elevada, lo que lo hace adecuado para represas de contrafuertes o aquellas con una cara

de agua casi vertical. En ciertas configuraciones, la zona elevada cuenta con un saliente que desvía el flujo, evitando que el agua golpee directamente la estructura. De no contar con este elemento, es necesario instalar una protección en la base del desagüe para reducir los efectos erosivos causados por la caída del agua, tal como se muestra en el Dibujo 2.los efectos erosivos causados por la caída del H2O, como se muestra en el dibujo 2.

Dibujo 2

Vertedero-aliviadero que se muestra es de caída libre.



Referencia: Creación autónoma.

2.2.16.2.1. Aliviaderos con geometría adaptada al flujo vertiente..

Los aliviaderos con geometría adaptada al flujo vertiente son estructuras diseñadas de manera específica para controlar y manejar eficientemente el vertido de agua sobre una superficie delgada y elevada. En este tipo de aliviaderos, la parte superior de la estructura presenta un perfil cuidadosamente diseñado que incorpora una ondulación que se adapta al contorno inferior de la lámina de agua vertiente. Este diseño ondulado cumple un propósito fundamental: evitar la entrada y formación de burbujas de aire entre la

corriente de agua y la superficie del aliviadero. La presencia de aire en esta interfaz podría desestabilizar el flujo, creando turbulencias indeseadas y comprometiendo la eficiencia hidráulica de la estructura.

En la sección superior de estos aliviaderos, la ondulación sigue una geometría que replica con precisión la forma inferior de la lámina de agua, facilitando un flujo adherente y uniforme. A medida que el agua se desplaza hacia abajo por el aliviadero, el perfil ondulado se transforma gradualmente en una sección recta y tangente que se extiende a lo largo de la pendiente descendente. Esta línea recta está diseñada para guiar el flujo de manera controlada, dirigiéndolo hacia la base del aliviadero con una inclinación que reduce al mínimo las perturbaciones en la corriente.

En la parte inferior de la estructura, antes de que el flujo alcance la base, se incorpora una contracurva en el diseño del perfil. Esta contracurva cumple una función esencial al suavizar la transición del flujo hacia la superficie horizontal del cuenco amortiguador o hacia el canal de desagüe, dependiendo de la configuración del aliviadero. Al implementar esta contracurva, se logra una disipación gradual de la energy cinética del agua, lo que reduce significativamente la posibilidad de erosión y daños estructurales en la zona de impacto.

El objetivo de la geometría adaptada de estos aliviaderos es garantizar que el flujo se mantenga estable, bien adherido a la superficie del vertedero y libre de aireación excesiva. Esto se traduce en un control más efectivo de la energy hidráulica del flujo, minimizando la formación de remolinos y vórtices que podrían comprometer la seguridad y la eficiencia del sistema de desagüe. Al dirigir adecuadamente el agua hacia la base del aliviadero mediante una transición controlada y fluida, estos diseños permiten una disipación de energy optimizada, lo cual es crucial en estructuras donde se gestionan grandes volúmenes de agua, como en presas y sistemas de desagüe de alta capacidad.

2.2.16.2.2. Aliviaderos con corredor lateral de evacuación.

Los aliviaderos con corredor lateral de evacuación son estructuras hidráulicas diseñadas para desviar y controlar el flujo de agua excedente de manera eficiente, utilizando un canal lateral que actúa como vía principal para el transporte del caudal vertido. En este tipo de aliviaderos, el borde superior de la estructura se coloca de forma casi paralela al eje longitudinal del conducto de desagüe principal, lo cual facilita una transición suave del flujo desde la parte superior del aliviadero hacia el corredor lateral.

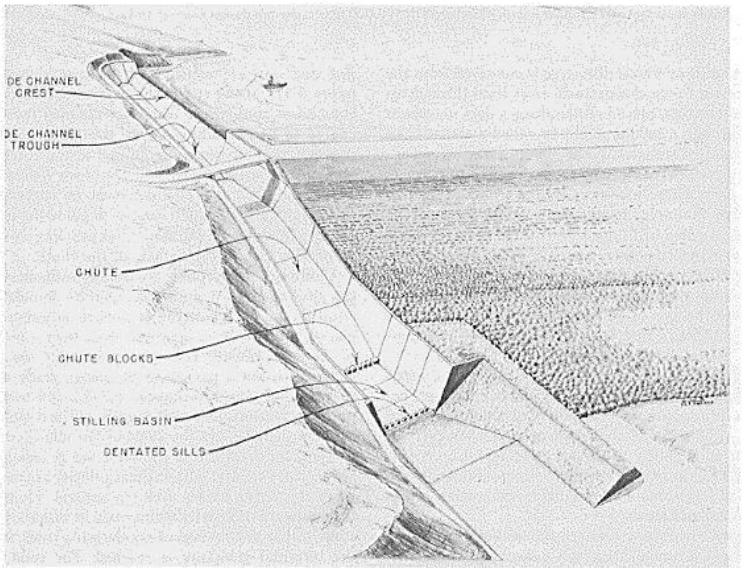
El diseño de estas estructuras permite que la lámina de agua que rebasa el aliviadero descienda por un canal estrecho, el cual guía el flujo hacia una curva de aproximadamente 90 grados. Esta curva tiene como función redirigir el agua hacia el conducto principal de evacuación, que transporta el caudal desviado hacia aguas abajo. La disposición paralela del borde del aliviadero en relación con el eje del canal de desagüe permite aprovechar de manera óptima la fuerza de la gravedad y la inercia del flujo, minimizando las pérdidas de energy y reduciendo la formación de remolinos o turbulencias que podrían afectar la eficiencia del sistema de evacuación.

El comportamiento hidráulico de los aliviaderos con corredor lateral de evacuación depende en gran medida de la interacción entre el flujo de agua que se aproxima al borde del aliviadero y el canal lateral que dirige el desagüe. Este canal lateral, que generalmente tiene una sección transversal angosta y una pendiente adecuada, está diseñado para recibir y conducir el caudal de manera rápida y efectiva hacia el conducto principal. La geometría del canal lateral debe permitir un cambio de dirección gradual del flujo, garantizando que la transición hacia el canal principal se realice sin perturbaciones significativas en la corriente.

Una característica clave de estos aliviaderos es que el diseño del canal lateral es relativamente independiente del resto de los componentes de la estructura principal del aliviadero. Esto significa que el dimensionamiento y la configuración del canal pueden ser ajustados para optimizar el transporte del caudal vertido, sin que estos cambios afecten de manera significativa el comportamiento global del aliviadero. De esta manera, se puede adaptar la sección del canal lateral para manejar diferentes volúmenes de agua o condiciones de caudal específicas, mejorando la capacidad de evacuación y la seguridad de la infraestructura.

El diseño de estos aliviaderos con corredor lateral de evacuación se basa en principios de hidráulica avanzada, que buscan maximizar la eficiencia en la recolección y transporte del caudal excedente. Al incorporar una curva de 90 grados en el canal lateral, se asegura que el flujo de agua se redirija de manera eficiente hacia el conducto principal de desagüe, aprovechando las características geométricas del canal para disipar parte de la energy cinética del flujo y evitar la generación de turbulencias indeseadas. Además, esta disposición permite un control preciso del caudal vertido, lo cual es esencial en situaciones donde es necesario gestionar grandes volúmenes de agua de manera segura.

Dibujo 3
Corredor de evacuación



Referencia: Bureau of Reclamation. (1987). Design of Small Dams. United States. Fig. 9-12

2.2.16.2.3. Aliviaderos de tipo laberinto.

Los aliviaderos de tipo laberinto son estructuras hidráulicas diseñadas específicamente para incrementar la longitud de la cresta del vertedero sin necesidad de ampliar significativamente el ancho de la estructura. Esta configuración permite aumentar la capacidad de desagüe y reducir la altura de la lámina de agua que fluye por la cresta del vertedero, mejorando así la eficiencia hidráulica del sistema. La extensión de la cresta se logra mediante un diseño que incorpora secciones geométricas repetitivas, generalmente con formas trapezoidales, triangulares o en zigzag, lo cual crea un perfil ondulante y sinuoso a lo largo del borde superior del vertedero.

El concepto de los aliviaderos de tipo laberinto se basa en maximizar la longitud efectiva de la cresta dentro de un espacio limitado. Al introducir una disposición de segmentos en forma de zigzag o patrones en ángulo, se incrementa la longitud total por donde se vierte el agua, permitiendo que un mayor volumen de caudal se distribuya sobre un área más extensa. Este enfoque no solo optimiza la capacidad de evacuación, sino que

también reduce la altura del flujo vertiente, minimizando así el impacto de las cargas hidrostáticas sobre la estructura y aumentando la seguridad en situaciones de caudales elevados.

Una de las ventajas fundamentales de este tipo de vertederos es su versatilidad para ser implementados como aliviaderos principales o auxiliares en presas y represas. Dado que la geometría de tipo laberinto ofrece una capacidad adicional de vertido sin requerir un incremento significativo en el ancho del vertedero, resulta especialmente útil en escenarios donde se necesita gestionar caudales máximos en espacios restringidos o en infraestructuras ya existentes. Por esta razón, los aliviaderos de tipo laberinto se han utilizado ampliamente en proyectos de modernización de presas, así como en la construcción de nuevas infraestructuras hidráulicas que buscan una mayor eficiencia y seguridad en la gestión de caudales.

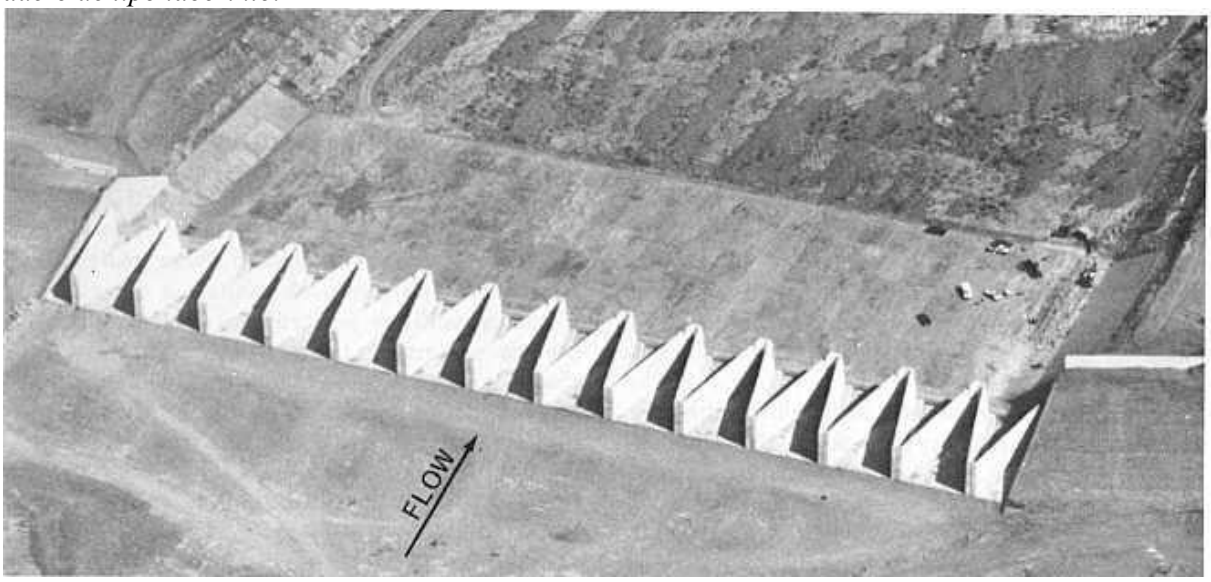
El diseño típico de estos aliviaderos implica la disposición de múltiples secciones trapezoidales o triangulares a lo largo de la cresta. Cada sección forma una curva que dirige el flujo de agua de manera controlada, permitiendo que la corriente se distribuya uniformemente a lo largo de la cresta extendida. Esta geometría compleja está concebida para mantener la estabilidad del flujo y prevenir la formación de remolinos o turbulencias significativas, asegurando una transición suave del agua desde la cresta hacia la parte inferior de la estructura. Además, la configuración en laberinto permite regular el caudal de manera eficiente en situaciones de crecientes, contribuyendo así a una mejor gestión del agua en embalses y presas.

La eficiencia de los aliviaderos de tipo laberinto radica en su capacidad para incrementar la longitud de la cresta de manera proporcional al caudal, sin elevar excesivamente la altura de la lámina de agua que fluye. Esto es especialmente relevante en zonas donde la topografía del terreno o las características de la infraestructura existente

limitan la posibilidad de ampliar el vertedero de manera convencional. La geometría en zigzag de estos aliviaderos también proporciona una mayor capacidad de evacuación en comparación con los vertederos lineales tradicionales, ofreciendo una solución compacta y eficaz para la gestión de caudales máximos. (Falvey, 2003)

Dibujo 4

Aliviadero de tipo laberinto.



Referencia: Bureau of Reclamation. (1987). Design of Small Dams. United States. Fig. 9-13

2.2.16.2.4. Aliviaderos en conducción cerrada o tipo túnel.

Los aliviaderos en conducción cerrada, también conocidos como aliviaderos tipo túnel, son estructuras hidráulicas diseñadas para dirigir el flujo de agua mediante conductos completamente cerrados, los cuales atraviesan o se extienden por debajo de una presa. Este tipo de aliviadero se emplea principalmente cuando se busca proteger el canal de evacuación de factores externos, como desprendimientos de rocas, acumulación de escombros u otras condiciones que puedan comprometer el flujo de agua o la integridad del sistema de desagüe. Al ser estructuras cerradas, estos aliviaderos

proporcionan una mayor seguridad y protección en escenarios donde el entorno topográfico o las condiciones climáticas pueden ser agresivas para un canal abierto.

El diseño de los aliviaderos tipo túnel requiere un enfoque técnico cuidadoso, especialmente en lo que respecta a la ventilación adecuada de los conductos. Dado que el flujo de agua se desplaza a través de un entorno confinado, es crucial evitar la formación de condiciones de vacío o fenómenos de sifonamiento, los cuales podrían generar inestabilidad en el flujo, afectar la capacidad del aliviadero y provocar fluctuaciones de presión peligrosas para la estructura. Por esta razón, se implementan sistemas de ventilación específicos a lo largo del túnel o en puntos estratégicos, que permiten la entrada de aire en cantidades controladas, estabilizando así el flujo y asegurando un tránsito eficiente del agua a través del conducto.

Este tipo de aliviadero se convierte en una solución idónea para embalses ubicados en áreas geográficas de difícil acceso, en terrenos escarpados o en regiones propensas a la caída de rocas y deslizamientos. En estos entornos, un canal abierto no solo sería vulnerable a bloqueos por acumulación de escombros, sino que también podría verse afectado por la erosión y la degradación de las paredes del canal. Por el contrario, los aliviaderos tipo túnel, al estar protegidos y confinados, proporcionan un conducto seguro y estable para el paso del caudal, incluso en condiciones de terreno adversas. La durabilidad y la resistencia de estos conductos cerrados los convierten en una opción robusta para la evacuación de agua en infraestructuras críticas.

Además de su resistencia estructural, los aliviaderos en conducción cerrada presentan ventajas en términos de eficiencia hidráulica. El diseño del túnel permite un control más preciso de la sección transversal del flujo, lo cual facilita la optimización de la capacidad de desagüe y la minimización de las pérdidas por fricción. Al dirigir el agua a través de un conducto cerrado, se logra una mayor uniformidad en la velocidad del flujo

y se reduce la posibilidad de interferencias por corrientes transversales o efectos de vientos externos, lo cual puede ser un problema en los canales abiertos expuestos.

En términos de seguridad, los aliviaderos tipo túnel también ofrecen un beneficio significativo al proteger el flujo de agua de factores externos impredecibles. Por ejemplo, en áreas con altas tasas de precipitación o en cuencas que drenan hacia embalses con mucha pendiente, existe un riesgo considerable de que la escorrentía superficial arrastre materiales sueltos hacia el canal de desagüe, obstruyendo el flujo y generando situaciones de sobrepresión en la presa. Los conductos cerrados evitan esta situación al confinar el flujo y proporcionar una vía libre de obstáculos, lo que mejora la fiabilidad operativa del sistema.

2.2.16.2.5. Aliviaderos en pozo y vertederos circulares conocidos como "Morning Glory".

Los aliviaderos en pozo, también conocidos como vertederos circulares tipo "Morning Glory," son estructuras hidráulicas especialmente diseñadas para la captación y evacuación de agua en embalses situados en terrenos con características geográficas restringidas, como gargantas estrechas o cañones. Estas estructuras se caracterizan por su forma circular y un diseño que facilita la captación de agua de manera horizontal en su parte superior, permitiendo que el flujo se desplace hacia el interior de la estructura y luego descienda de manera vertical a través de un pozo central. La finalidad de este diseño es maximizar la eficiencia en la recolección y conducción del agua, adaptándose a las limitaciones topográficas que presentan algunos embalses.

El funcionamiento de los aliviaderos tipo "Morning Glory" comienza con la captación del agua de forma horizontal, utilizando una cresta circular que rodea toda la entrada de la estructura. El agua que se desborda sobre la cresta cae hacia el pozo central

de manera controlada, manteniendo la estabilidad del flujo durante el descenso. La estructura del pozo está diseñada para guiar el agua en una trayectoria vertical hacia la base del vertedero, donde se produce una transición suave hacia un canal de desagüe casi horizontal que se extiende hacia el cauce del río en la parte inferior de la presa. Esta configuración permite que el agua se recoja y se transporte de manera eficiente y segura, incluso en condiciones de caudal elevado.

El diseño circular de estos vertederos responde a la necesidad de manejar grandes volúmenes de agua en espacios geográficamente confinados. A diferencia de los vertederos lineales convencionales, los aliviaderos en pozo aprovechan al máximo el espacio disponible y permiten una captación uniforme del agua desde todos los puntos de la cresta circular. Esto resulta especialmente útil en embalses ubicados en áreas donde las paredes del cañón o las gargantas restringen la posibilidad de construir vertederos abiertos de gran longitud. Además, el diseño tipo "Morning Glory" minimiza los riesgos de erosión y desgaste en las estructuras de captación, ya que el agua fluye de manera ordenada y controlada hacia el pozo central.

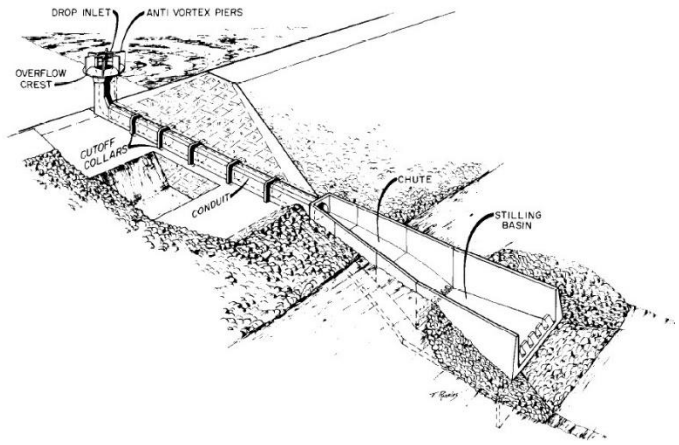
Una característica fundamental de estos aliviaderos es su capacidad para mantener la estabilidad del flujo durante todo el proceso de captación y conducción. La caída vertical del agua dentro del pozo central se gestiona mediante un diseño que permite la ventilación adecuada y evita la formación de burbujas de aire o turbulencias excesivas que puedan desestabilizar el sistema. Asimismo, el canal de desagüe horizontal que se extiende desde la base del pozo está construido para guiar el agua de manera fluida hacia el cauce del río, evitando la generación de remolinos o retrocesos del flujo que puedan afectar la capacidad de desagüe.

En proyectos de presas y embalses situados en gargantas estrechas, el uso de vertederos tipo "Morning Glory" se ha vuelto una solución efectiva para gestionar los

niveles máximos de agua. Un ejemplo destacado es la represa Aguada Blanca, localizada en la región de Arequipa, donde se ha implementado un aliviadero de este tipo para controlar el nivel del embalse. Esta estructura permite que el agua se descargue de manera segura y eficiente, incluso cuando el embalse alcanza su capacidad máxima, protegiendo la estabilidad de la presa y asegurando la evacuación controlada del caudal. (Schuyler, 2006)

Dibujo 5

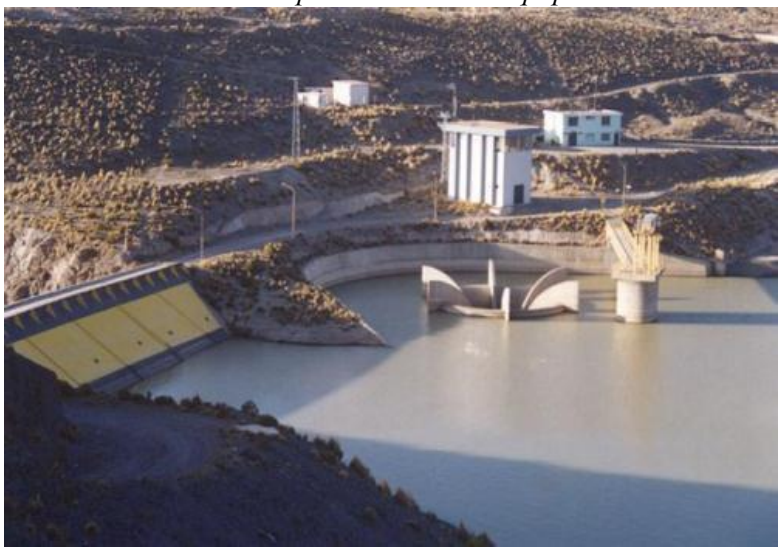
Aliviadero Morning Glory para presas de pequeña escala



Referencia: Bureau of Reclamation. (1987). Design of Small Dams. United States. Fig. 9-15

Dibujo 6

Represa de nombre H2Oda Blanca – Departamento de Arequipa.



Referencia: El Búho Diario Digital. (27 de enero de 2015). El Búho. Obtenido de http://elbuho.pe/2015/01/27/la-muerte- de-una-represa/

2.2.16.2.6. Aliviaderos de tipo dentados.

Los aliviaderos de tipo dentados son estructuras diseñadas con el propósito de mejorar la eficiencia en la gestión y control del flujo de agua al aumentar la disipación de la energy cinética a lo largo del descenso. Este tipo de vertedero se caracteriza por presentar una serie de dientes o salientes escalonados que se distribuyen en la pendiente del aliviadero. La presencia de estos dientes modifica la trayectoria del agua, creando una serie de interrupciones que fomentan la pérdida de energy cinética del flujo a medida que desciende por la pendiente.

En términos de diseño, los aliviaderos dentados presentan una geometría irregular que interfiere intencionadamente con el flujo descendente, obligándolo a chocar contra los dientes y formar remolinos y zonas de turbulencia controlada. Estas interrupciones en la trayectoria tienen un doble propósito: por un lado, rompen la continuidad del flujo, dispersando su energy de manera gradual a lo largo de la estructura; por otro, ayudan a reducir la velocidad del agua al llegar a la parte inferior del vertedero. Este enfoque permite minimizar las altas velocidades que normalmente se asocian con vertederos de pendiente lisa, lo cual reduce el riesgo de erosión y daño a las estructuras aguas abajo.

Una ventaja significativa de los vertederos dentados es que, debido a la alta capacidad de disipación de energy que ofrecen, pueden hacer innecesaria la construcción de una piscina de amortiguamiento en la base del vertedero. Las piscinas de amortiguamiento, también conocidas como cuencos amortiguadores, son estructuras diseñadas para absorber el impacto de un flujo rápido y dispersar su energy de manera segura. Sin embargo, los aliviaderos dentados logran cumplir esta función de manera

efectiva mediante su propio diseño, disipando la energy del agua a lo largo del recorrido y entregándola a la base del vertedero a velocidades relativamente bajas.

El diseño de los dientes se realiza con un enfoque técnico que busca maximizar la eficiencia de disipación y asegurar la estabilidad del flujo. La forma y distribución de los dientes puede variar según las características específicas del aliviadero, pero en general se busca crear secciones escalonadas que rompan la continuidad del flujo y fomenten la formación de pequeñas turbulencias que actúan como disipadores de energy. Este tipo de diseño resulta particularmente efectivo en situaciones donde se manejan grandes caudales o donde es crucial reducir la velocidad del flujo para proteger las estructuras ubicadas aguas abajo.

Los aliviaderos dentados son una solución óptima en proyectos donde se requiere un control eficiente del caudal y una disipación de energy en un espacio limitado. La capacidad de estas estructuras para reducir las velocidades al final del vertedero tiene un impacto positivo en la protección contra la erosión, ya que disminuye la tensión de corte que el agua ejerce sobre el lecho y las orillas del cauce receptor. Por esta razón, los vertederos dentados se han implementado con éxito en numerosas infraestructuras hidráulicas, especialmente en aquellas donde los caudales pueden alcanzar altas velocidades y presentar un riesgo significativo de daños estructurales. (Chanson, Energy Dissipation in Hydraulic Structures, 2004)

Dibujo 7
Aliviadero de tipo Dentado.



Referencia: Bureau of Reclamation. (1987). Design of Small Dams. United States. Fig. 9-17

2.2.17. Disipadores de energy en estructuras de presas

El manejo de la energy en infraestructuras hidráulicas, particularmente en el caso de las presas, es un aspecto crucial en el diseño y operación de vertederos y aliviaderos. La energy generada por el flujo de agua que desciende por estas estructuras se convierte principalmente en energy cinética, la cual puede tener efectos adversos si no se gestiona adecuadamente. Al descender por la pendiente del vertedero, el agua acumula velocidad y fuerza, lo cual genera presiones elevadas y un caudal con una gran cantidad de energy al momento de impactar en la base de la presa. Esta energy no controlada puede resultar en problemas significativos de erosión y socavación, afectando la estabilidad tanto de la presa como del lecho del río aguas abajo.

La erosión inducida por la energy cinética del flujo puede deteriorar la base de la estructura de la presa, así como el lecho del río, debilitando su integridad y aumentando el riesgo de fallos estructurales. La energy excesiva puede provocar la remoción de partículas del lecho, formando cavidades o socavones que se agrandan con el tiempo,

comprometiendo no solo la seguridad de la presa, sino también la de las áreas circundantes. Por esta razón, uno de los objetivos primordiales en el diseño de presas es la implementación de sistemas eficaces de disipación de energy, que permitan controlar y reducir las altas velocidades y presiones del flujo de agua.

Para abordar esta problemática, se han desarrollado una variedad de disipadores de energy que se integran en las estructuras de presas. Estos elementos están diseñados específicamente para reducir la energy cinética del agua antes de que esta entre en contacto con la base de la presa o con el cauce receptor. Los disipadores de energy logran este objetivo al inducir turbulencias controladas y al expandir el flujo en puntos estratégicos, lo cual facilita la dispersión de la energy acumulada en el caudal.

Uno de los disipadores de energy más comunes es el cuenco amortiguador, una estructura que se coloca al pie del vertedero y cuya función principal es absorber el impacto del flujo a alta velocidad. El cuenco amortiguador está diseñado para crear turbulencias y remolinos que dispersan la energy cinética del agua y la convierten en energy potencial y calor, reduciendo así las presiones y las velocidades del flujo que sale de la presa. Este tipo de disipador es especialmente efectivo en presas que manejan grandes caudales o en situaciones donde el desnivel del vertedero genera un flujo rápido y poderoso.

Otra técnica ampliamente utilizada es la incorporación de salientes o dientes escalonados en la pendiente del vertedero. Estas estructuras escalonadas interrumpen la trayectoria del flujo descendente, creando múltiples puntos de disipación de energy a lo largo del recorrido. Cada diente o saliente actúa como un punto de choque para el agua, generando microturbulencias que reducen progresivamente la velocidad del caudal. De esta manera, se logra una disminución efectiva de la energy antes de que el flujo llegue a la base del vertedero.

En algunas presas, se utilizan deflectores que desvían parte del flujo hacia arriiba o hacia los lados, distribuyendo la energy a lo largo de un área mayor y evitando concentraciones peligrosas de presión en puntos específicos. Estos deflectores son especialmente útiles en situaciones donde la estructura del vertedero o del cauce receptor puede ser vulnerable a la erosión localizada.

Además de los elementos estructurales, el diseño de disipadores de energy también debe considerar la geometría del canal de desagüe y la forma en que el agua es dirigida hacia el cauce receptor. En muchos casos, se utilizan canales de transición que ensanchan gradualmente la sección del flujo, disminuyendo su velocidad y permitiendo una disipación natural de la energy a medida que el caudal se aleja de la presa. Estos canales de transición están diseñados para evitar puntos de estrechamiento que puedan generar aumentos repentinos de presión o velocidades, lo cual es fundamental para proteger la infraestructura y minimizar el impacto ambiental. (Paul Tullis, 1989)

2.2.17.1. Clasificación de los disipadores de energy en aliviaderos

A seguir, se detallarán distintos tipos de mecanismos de disipación de energy junto con sus características específicas.

2.2.17.2. Disipador tipo Salto hidráulico en rampa - eskí.

El disipador tipo salto hidráulico en rampa - esquí es una estructura de diseño especializado cuya principal función es reducir la energy cinética del agua al descargarla desde la presa. Este tipo de disipador se basa en el uso de rampas o plataformas que desvían y proyectan el flujo de agua a una distancia considerable del pie de la presa. El objetivo es que el impacto del chorro de agua ocurra lejos de la base de la estructura,

minimizando así el riesgo de erosión y socavación que podría comprometer la estabilidad de la presa o de las estructuras adyacentes.

El principio de funcionamiento de este disipador se centra en dirigir el caudal hacia una plataforma inclinada, que actúa como una rampa de lanzamiento. A medida que el agua desciende a alta velocidad por el vertedero, la rampa modifica la trayectoria del flujo, lanzando el chorro de agua hacia adelante y hacia el aire. Durante este proceso, una parte de la energy cinética del flujo se disipa al entrar en contacto con el aire, mientras que el resto de la energy se debe disipar cuando el chorro impacta en un área de recepción específica, situada a una distancia segura del pie de la presa. Este enfoque permite proteger la estructura de la presa de los daños potenciales causados por un impacto directo y repetido del caudal de agua.

La distancia entre la rampa y el área de impacto se calcula cuidadosamente para garantizar que la energy remanente del flujo pueda ser absorbida de manera segura y controlada. Por lo general, se construye una piscina de amortiguamiento o una zona de disipación en el punto de impacto, que está diseñada para manejar las altas velocidades y presiones que pueden ocurrir al recibir el chorro de agua. En estas zonas de impacto, el agua se distribuye y se dispersa de manera uniforme, reduciendo así la probabilidad de erosión localizada o la formación de remolinos que podrían socavar el lecho del río o el terreno adyacente.

Este tipo de disipador es especialmente eficaz en presas que deben manejar grandes volúmenes de caudal a alta velocidad, ya que permite redirigir el flujo de agua de forma controlada, evitando concentraciones de energy en áreas críticas de la estructura. Además, al proyectar el chorro a cierta distancia de la presa, se consigue que la mayor parte de la energy se disipe antes de que el flujo vuelva a entrar en contacto con el cauce natural del río. Este diseño, que combina la disipación de energy en el aire y en el punto

de impacto, resulta ser una solución eficiente y segura para infraestructuras que enfrentan condiciones de caudal extremo.

Un ejemplo destacado de la aplicación de disipadores de tipo salto hidráulico en rampa - esquí se encuentra en la central hidroeléctrica Ralco, en Chile. Esta represa cuenta con un vertedero de este tipo, capaz de manejar descargas de hasta 6700 m^3/s, una capacidad significativa para gestionar grandes volúmenes de agua durante eventos de crecidas o en situaciones de descarga controlada. La utilización de esta tecnología permite mantener la integridad de la estructura y proteger el lecho del río en condiciones operativas desafiantes. (Peter George, 2011)

Dibujo 8

La represa Ralco en Chile utiliza un aliviadero de salto hidráulico en rampa - eskí.



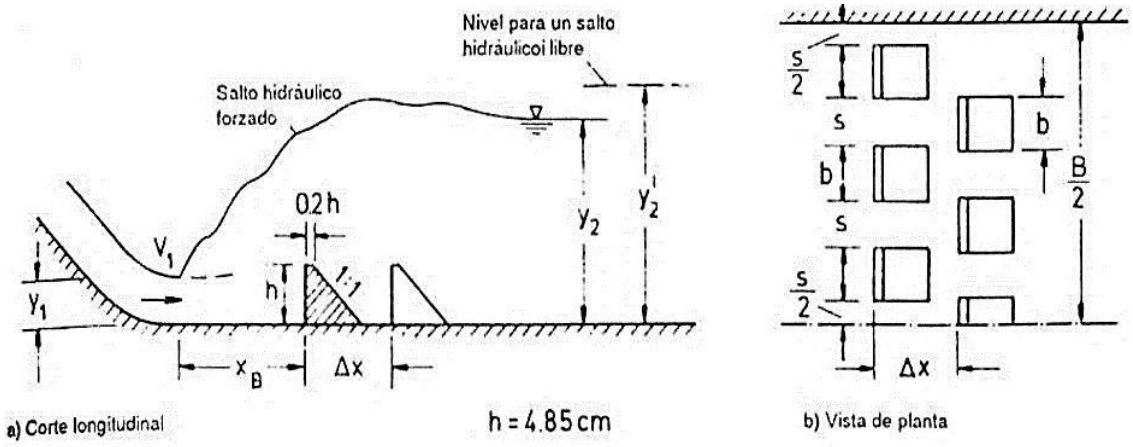
Referencia: Wikipedia. (18 de Abril de 2018). Wikipedia la enciclopedia libre. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Central_hidroel%C3%A9ctrica_Ralco

2.2.17.2.1. Disipador mediante bloques de impacto o con umbrales.

En esta clase de dispositivo, se integran estructuras modulares que aseguran la estabilidad del cambio brusco en el flujo de agua dentro de la zona destinada, como se observa en la Figura 09. Este diseño produce remolinos controlados que contribuyen a disminuir la energy del caudal de agua al momento de su llegada. (Brooks, 2007)

Dibujo 9

Disipador mediante bloques de impacto.



Referencia: Villamarin Paredes, S. C. (2013). Manual Básico de Diseño de Estructuras de Disipación de Energy Hidráulica. Sangolquí.

2.2.17.2.2. Estanques amortiguadores para atenuar energy hidráulica.

Con el propósito de disipar la energy del agua antes de su retorno al lecho del río, se emplean estanques o cámaras de amortiguación, los cuales resultan muy efectivos para reducir la velocidad del flujo saliente del agua. El "Bureau of Reclamation" ha realizado estudios y pruebas experimentales con el fin de determinar las características del salto hidráulico y las propiedades del flujo, las cuales dependen en gran medida del número de Frooude. Estos aspectos se describirán de manera resumida a continuación para una mejor comprensión.

- **Estanques para número de Frooude inferior de 1.7.**

Cuando el número de Frooude se encuentra en este rango, no se requiere la implementación de estanques amortiguadores, deflectores u otros dispositivos de disipación, dado que el tirante conjugado presenta un incremento aproximado del 40 % en comparación con el tirante crítico. Esto implica que la energy del flujo es relativamente controlada. Adicionalmente, la velocidad de salida del H2O se estima en aproximadamente un 30 % inferior a la velocidad crítica, lo que contribuye a minimizar el potencial erosivo y a mantener la estabilidad del cauce río abajo, garantizando un comportamiento hidráulico más predecible y seguro. (Peterka, 2015)

- **Estanques para valor de Frooude que están entre los valores 1.7 y 2.5.**

Para estos valores del número de Frooude, no se requiere la implementación de dispositivos amortiguadores ni umbrales; basta con que el estanque sea lo suficientemente extenso para manejar el caudal durante el proceso de desaceleración del flujo. Esto asegura que el sistema funcione eficazmente al permitir que el H2O reduzca su velocidad de manera controlada antes de continuar su trayectoria, minimizando el riesgo de erosión y garantizando la integridad estructural del cauce. (Peterka, 2015)

- **Estanques para valor de Frooude entre los valores 2.5 y 4.5.**

Los flujos en los que el número de Frooude se encuentra dentro de estos intervalos se consideran en un estado de régimen de transición, caracterizado por la ausencia de un salto hidráulico completo. En este escenario, la función de las cámaras de amortiguación para disipar la energy del agua resulta limitada, ya que no logran una reducción efectiva del efecto de oleaje, el cual debe ser controlado mediante estrategias alternativas para evitar daños en las estructuras cercanas.

Estudios realizados por la Oficina de Recuperación han concluido que el estanque más adecuado para los rangos mencionados del número de Frooude es el de tipo IV, tal como se muestra en la Figura 10.0. Este tipo de estanque está diseñado para optimizar la disipación de energy en situaciones donde las características del flujo no permiten la formación de un salto hidráulico estable, contribuyendo así a la estabilidad del sistema hidráulico en condiciones de transición. (Peterka, 2015)

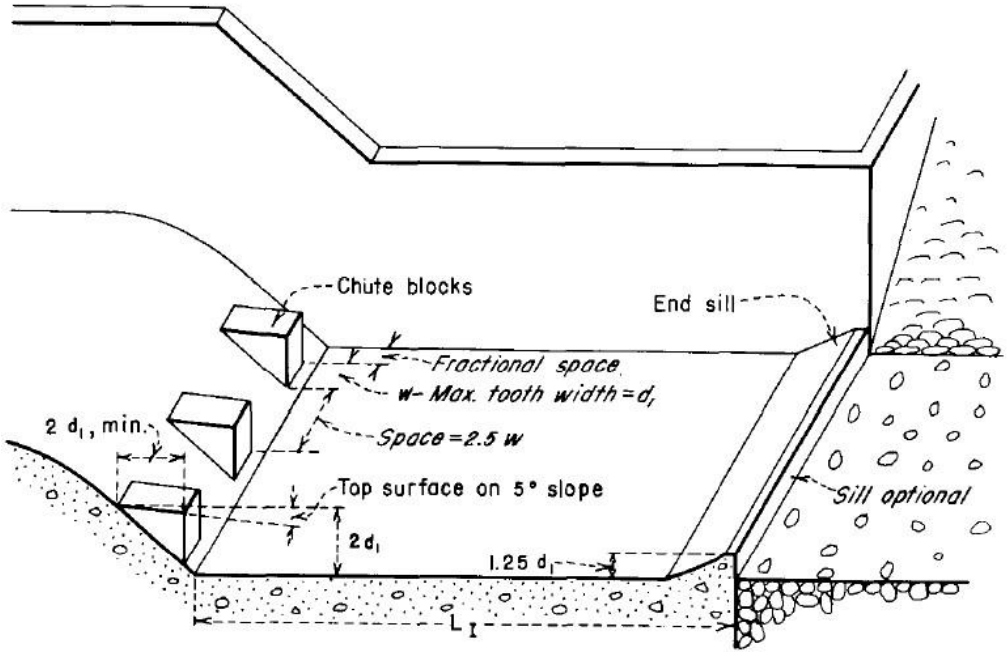
- **Estanques para valor de Frooude mayor de 4,5.**

Cuando el número de Frooude se encuentra dentro de ciertos rangos, se forma un salto hidráulico completo, cuya altura y características dependen directamente de dicho valor. En este contexto, la utilización de componentes como umbrales, módulos o estructuras específicas es fundamental, ya que ayudan a estabilizar y disipar la energy del flujo de agua, lo que a su vez disminuye la extensión del salto.

Para el estanque de amortiguación de tipo III, se utiliza cuando la velocidad del agua en la entrada no excede los 18 m/s. Por el contrario, se emplea el estanque de amortiguación tipo II cuando la velocidad inicial supera este umbral. Estos disipadores son esenciales para asegurar una gestión eficiente de la energy hidráulica dentro del sistema. Las Figuras 11.0 y 12.0 muestran estos tipos de estanques y sus aplicaciones específicas en función de la velocidad del flujo de agua. (Peterka, 2015)

Dibujo 10

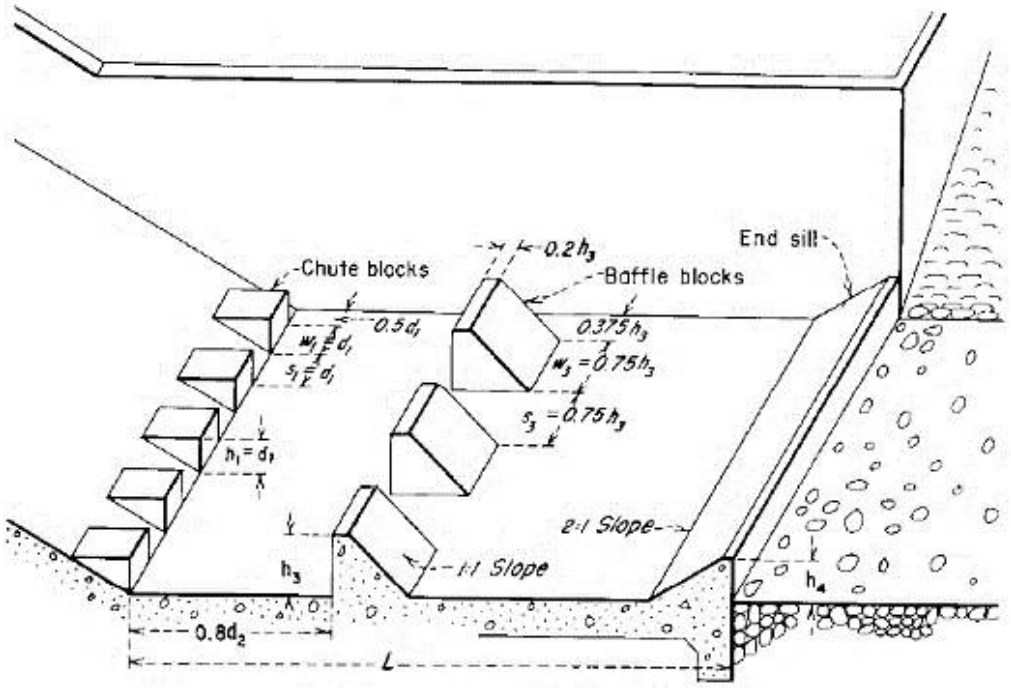
Estanque disipador Tipo IV, optimizado para caudales con número de Frooude en transición.



Referencia: Bureau of Reclamation. (1987). Design of Small Dams. United States. Fig. 9-39-A

Dibujo 11

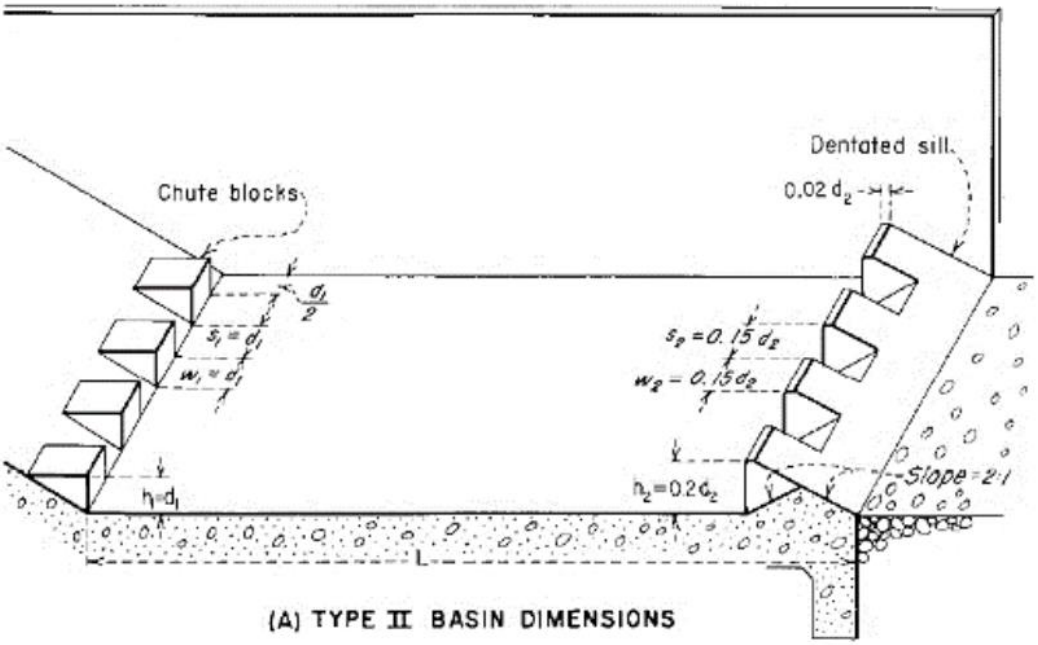
Estanque disipador Tipo III, diseñado para velocidades de entrada menores a 18 m/s.



Referencia: Bureau of Reclamation. (1987). Design of Small Dams. United States. Fig. 9-41-A

Dibujo 12

Estanque disipador Tipo II, optimizado para velocidades de entrada superiores a 18 m/s.



Referencia: Bureau of Reclamation. (1987). Design of Small Dams. United States. Fig. 9-42-A

2.2.17.2.3. Disipador de rejillas, diseñado para interrumpir el flujo de H2O.

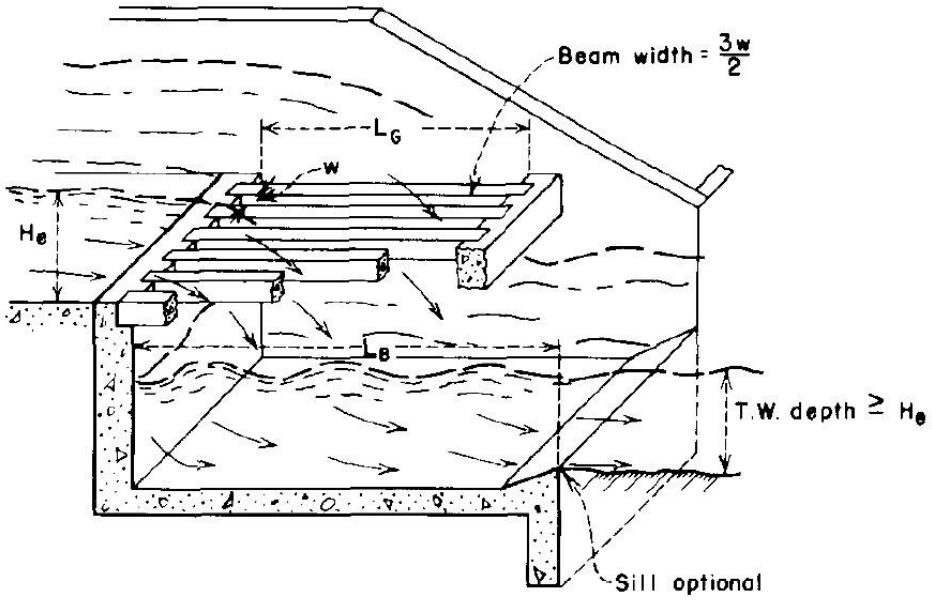
El disipador de rejillas es una solución eficaz para la gestión de flujos de H2O en caídas menores, especialmente probado para números de Frooude que oscilan entre 2.5 y 4.5, donde ha demostrado rendimientos satisfactorios. Este sistema funciona dividiendo la lámina de H2O en múltiples segmentos estrechos y alargados. Esta segmentación permite que el flujo se disperse, reduciendo así la velocidad y la energy cinética antes de que el H2O alcance el final del disipador.

La longitud de estos segmentos es crítica, ya que deben ser lo suficientemente extensos para permitir que el H2O caiga de manera controlada, evitando la acumulación de energy que podría resultar en erosión o turbulencias indeseadas. Este diseño no solo optimiza la disipación de energy, sino que también ayuda a mantener la integridad estructural de las instalaciones adyacentes, garantizando un manejo eficiente del flujo y minimizando el riesgo de socavación en la base del sistema. El dibujo 13 ilustra

claramente este concepto, mostrando cómo se distribuye el flujo de H2O a través de las rejillas. (Knight, 2012)

Dibujo 13

Disipador de rejillas, diseñado para interrumpir el flujo de H2O.



Referencia: Bureau of Reclamation. (1987). Design of Small Dams. United States. Fig. 9-54

2.2.18. Características de los aliviaderos con disipador del modelo salto hidráulico en rampa - eskí

El salto en esquí, también denominado rampa de lanzamiento, debe cumplir con ciertas especificaciones para funcionar de manera eficiente como un mecanismo de disipación de energy. Estas propiedades han sido objeto de estudio y análisis detallados por numerosos investigadores, quienes han desarrollado ecuaciones prácticas basadas en sus estudios y pruebas. Las características esenciales se dividen en dos categorías principales: geométricas e hidráulicas.

Características geométricas: Se refieren a la forma y diimensiones del trampolín, incluyendo la altura, inclinación y longitud de la rampa. Estas diimensiones influyen en

la trayectoria del flujo de H2O y en su capacidad para dispersar la energy cinética de manera efectiva.

Características hidráulicas: Estas incluyen aspectos como el caudal, la velocidad del flujo y el número de Frooude, que determinan cómo se comporta el H2O al interactuar con la estructura. Una adecuada conDibujoción hidráulica asegura que el H2O se proyecte adecuadamente y que la energy se disipe en el aire antes de su caída, minimizando el impacto en la base de la estructura.

El cumplimiento de estas características es esencial para garantizar un rendimiento óptimo del disipador, lo que a su vez ayuda a prevenir problemas como la erosión y la socavación en la infraestructura hidráulica circundante.

2.2.18.1. Características de modelado de tipo geométricas

Este tipo de aliviadero se compone de tres áreas distintivas que desempeñan funciones cruciales en el manejo del flujo de H2O:

1. **Zona de Coronación:** Esta es la zona elevada del aliviadero, donde el H2O comienza a fluir y se vierte sobre la estructura. La geometría y el diseño de esta zona son fundamentales, ya que influyen en la forma en que el H2O se distribuye y fluye a lo largo del aliviadero. Un diseño adecuado en la zona de coronación asegura un inicio de flujo eficiente y minimiza la turbulencia.
2. **Zona Rápida:** A continuación de la zona de coronación, se encuentra la zona rápida, donde el flujo de H2O acelera significativamente. En esta área, la energy cinética del H2O aumenta, lo que puede generar velocidades elevadas. La conDibujoción de esta zona debe ser tal que facilite la transición del flujo sin

causar erosión o daño a las estructuras adyacentes. Un diseño efectivo en la zona rápida es crucial para controlar el comportamiento hidráulico del aliviadero.

3. **Estructura Terminal:** Esta es la sección final del aliviadero, donde el flujo de H2O se desacelera antes de ingresar al cauce o al sistema de drenaje. La estructura terminal está diseñada para dispersar la energy del H2O de manera controlada, evitando impactos erosivos en el lecho del río o en la infraestructura circundante. Una estructura terminal bien diseñada puede incluir elementos como estanques amortiguadores o disipadores de energy para asegurar que el flujo de H2O se integre suavemente en el entorno natural.

2.2.18.1.1. Caracteristicas y funciones de la zona de coronación.

- **Aliviadero adaptado al perfil de la lámina vertiente.**

El diseño de aliviaderos adaptados al perfil de la lámina vertiente tiene como objetivo optimizar la geometría de la coronación de los vertederos, ajustándola con precisión al contorno de la lámina de agua que fluye en caída libre sobre un vertedero de pared delgada. Esta optimización se basa en la necesidad de garantizar que el flujo sea eficiente y controlado, minimizando pérdidas y asegurando un desempeño hidráulico adecuado. Para lograr esta eficiencia, la geometría de la cresta del vertedero debe replicar de manera precisa la sección inferior de la lámina de agua en movimiento, lo que permite evitar la separación del flujo y las turbulencias que podrían afectar la capacidad del vertedero. (Bos, 1989)

A lo largo de los años, la Oficina de Recuperación (USBR) ha llevado a cabo una serie de estudios detallados para desarrollar configuraciones óptimas de la coronación de los vertederos, analizando los diferentes factores que influyen en el diseño. Entre los

aspectos que se han identificado como determinantes se encuentran la presión del agua que actúa sobre la cresta del vertedero, la inclinación del canal aguas arriiba y la diferencia de altura entre el vertedero y el canal de entrada. Cada uno de estos factores tiene un impacto en la eficiencia del caudal y debe ser cuidadosamente considerado para obtener un diseño óptimo.

Para definir la forma más adecuada de la coronación del vertedero, la USBR ha propuesto un enfoque que consiste en dividir la geometría de la cresta en dos secciones principales. La primera sección se encuentra aguas arriiba de la cresta y se representa mediante una trayectoria circular definida por dos radios distintos, diseñados para ajustarse al flujo que se aproxima al vertedero. Esta configuración permite que el flujo de agua se acerque de manera suave y controlada, evitando turbulencias y asegurando una transición eficiente hacia la segunda sección.

En la segunda sección, que se encuentra aguas abajo de la cresta, se utiliza una ecuación matemática específica para describir la forma de la trayectoria del flujo. La ecuación utilizada por la USBR se expresa de la siguiente manera:

$$\frac{y}{H_o} = -K(\frac{x}{H_o})^n$$

En esta ecuación, los parámetros KKK y nnn son coeficientes que dependen de dos factores clave: la pendiente del canal aguas arriiba y la velocidad de entrada del flujo al vertedero. Los valores específicos de estos parámetros se obtienen a partir de tablas y gráficos desarrollados por la USBR, como se muestra en las Figuras 15.0 y 16.0, las cuales proporcionan una referencia visual que facilita la interpretación y el diseño de la coronación.

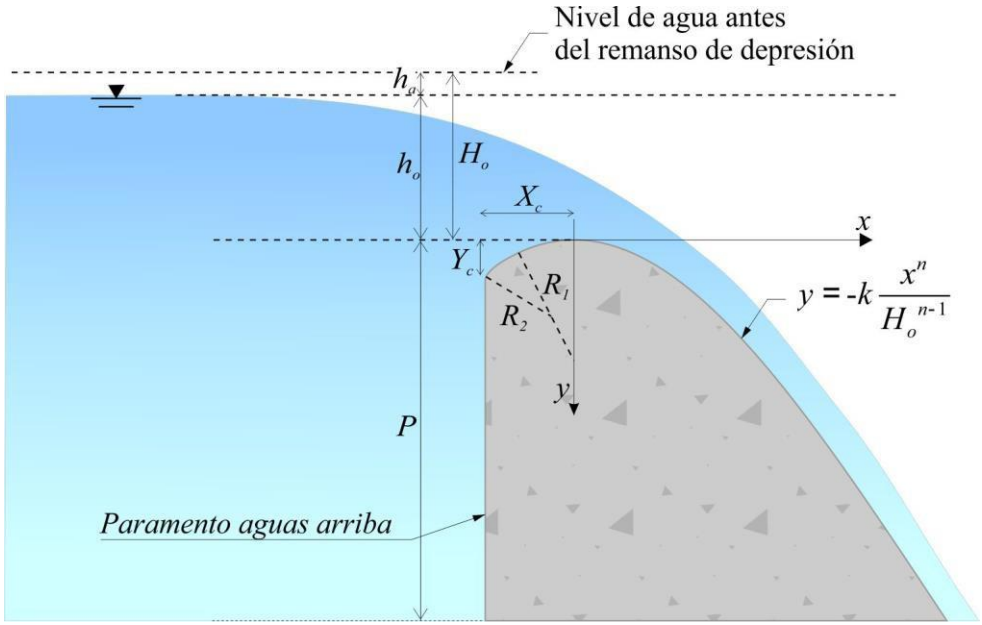
La determinación de los valores de KKK y nnn es un proceso técnico que requiere un análisis cuidadoso de las condiciones del vertedero, ya que estos parámetros influyen

directamente en la forma del perfil y, por ende, en la eficiencia del flujo. La inclinación del canal aguas arriiba afecta la energy cinética y la presión del agua al llegar a la cresta del vertedero, mientras que la velocidad de entrada define la dinámica del flujo y su comportamiento a medida que pasa por la coronación. Por lo tanto, la correcta selección de estos parámetros es esencial para lograr un diseño efectivo y adaptado a las condiciones específicas del aliviadero.

En resumen, el diseño de aliviaderos adaptados al perfil de la lámina vertiente se basa en una cuidadosa adaptación de la geometría de la coronación del vertedero al contorno inferior del flujo de agua en caída libre. La Oficina de Recuperación ha desarrollado un enfoque detallado que divide la cresta en dos secciones, la primera de las cuales se define mediante radios circulares y la segunda mediante una ecuación específica que depende de parámetros relacionados con la inclinación del canal aguas arriiba y la velocidad de entrada. Los dibujos 14.0 y 15.0 proporcionan valores de referencia para estos parámetros, facilitando la optimización del diseño del vertedero. Con este enfoque, se busca maximizar la eficiencia del caudal y minimizar las pérdidas de energy y las turbulencias, asegurando así un desempeño hidráulico óptimo.

Dibujo 14

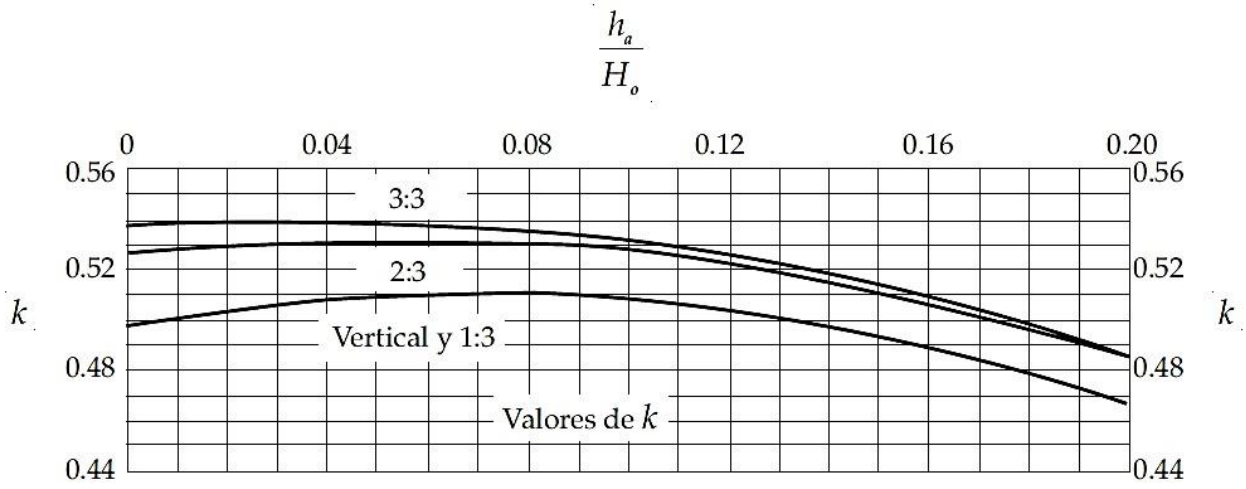
Componentes de la sección del aliviadero



Referencia: Creación autónoma.

Dibujo 15

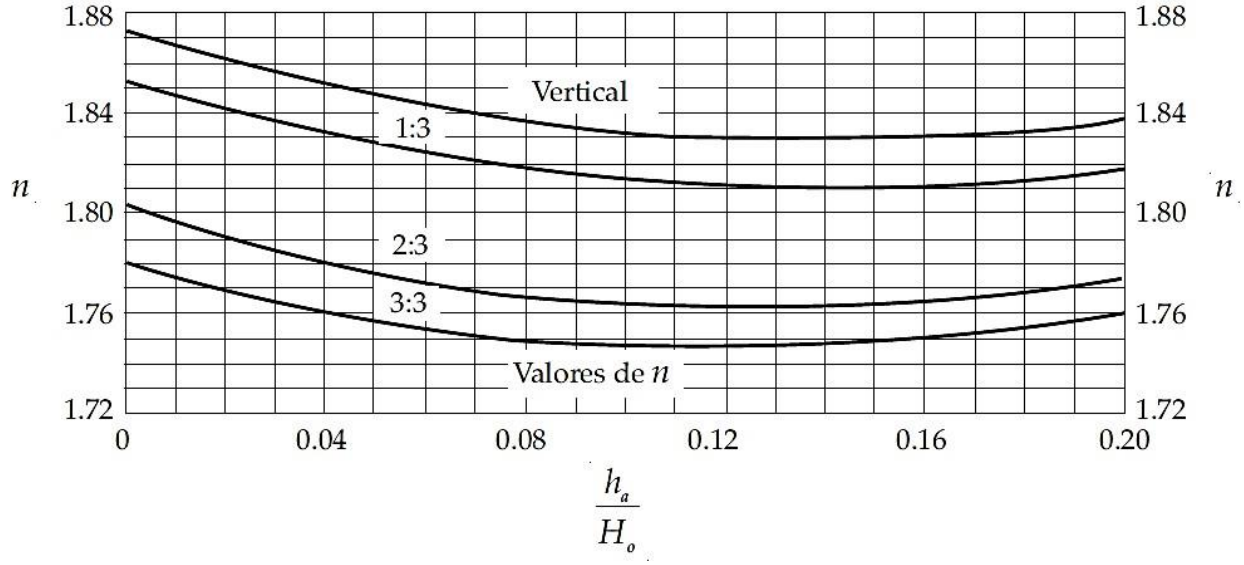
Resultados de K(adimensional)



Referencia: Arreguín Cortés, F., & Alcocer Yamanaka, V. (2010). Diseño hidráulico de vertederos. México Dibujo 22

Dibujo 16

Resultados de n(adimensional)



Referencia: Arreguín Cortés, F., & Alcocer Yamanaka, V. (2010). Diseño hidráulico de vertederos. México Dibujo 22

Para determinar los valores necesarios para el diseño y operación de un vertedero, es fundamental utilizar la fórmula que establece el caudal descargado a través de este tipo de estructura. Esta fórmula, ampliamente reconocida en el ámbito de la ingeniería hidráulica, se expresa de la siguiente manera:

$$Q = CLH_o^{\frac{3}{2}}$$

donde:

- Q representa el caudal de agua que pasa sobre el vertedero, generalmente medido en metros cúbicos por segundo (m^3/s).
- C es el coeficiente de descarga, un valor que varía en función de múltiples factores que afectan la eficiencia del vertedero.
- L indica la longitud efectiva de la coronación, es decir, la longitud total a lo largo de la cual el agua desborda sobre la cresta del vertedero.

- Ho se refiere a la carga total sobre la coronación, la cual está determinada por la altura de la lámina de agua vertida y por la altura adicional inducida por la velocidad de aproximación, denotada como ha.

El coeficiente de descarga C juega un papel crucial en esta ecuación, ya que su valor influye directamente en la cantidad de agua que puede ser descargada de manera eficiente por el vertedero. Sin embargo, este coeficiente no es constante y puede variar dependiendo de diversas condiciones específicas del diseño y las características del flujo. La Oficina de Recuperación ha identificado una serie de factores que influyen en el valor de C, los cuales deben ser considerados cuidadosamente para lograr un diseño óptimo.

En primer lugar, uno de los factores determinantes es el calado de aproximación. Este se refiere a la profundidad del flujo de agua al acercarse al vertedero, y tiene un impacto directo en la presión y la velocidad del agua que se desplaza hacia la cresta. Un calado de aproximación inadecuado puede provocar turbulencias o desbordamientos irregulares, afectando la eficiencia del vertedero y, por lo tanto, el valor de C.

Otro factor clave es la congruencia entre la geometría de la coronación y su configuración óptima. La geometría de la cresta debe ajustarse a un perfil cuidadosamente diseñado para asegurar una transición suave del flujo desde la lámina vertiente hacia el vertedero. Cualquier desviación respecto a esta configuración óptima puede dar lugar a una disminución en el coeficiente de descarga y una reducción en la capacidad del vertedero para manejar caudales elevados.

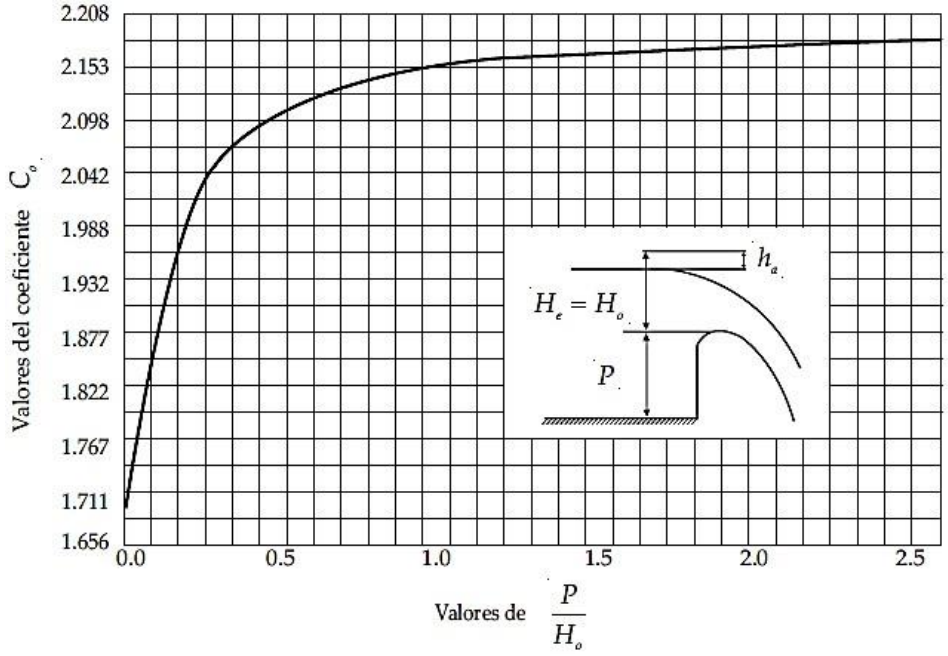
La pendiente de la pared aguas arriiba también juega un papel significativo en la determinación de C. La inclinación de esta pared influye en la forma en que el agua se aproxima y se ajusta a la cresta del vertedero. Si la pendiente es demasiado pronunciada o demasiado plana, podría alterar el comportamiento del flujo y afectar negativamente la eficiencia de la descarga.

Además, deben considerarse las interferencias causadas por el socavamiento aguas abajo. La erosión o el desgaste del lecho en la zona de impacto del flujo puede generar inestabilidad en el vertedero y modificar el patrón de flujo, alterando así el coeficiente de descarga. Un diseño que no contemple adecuadamente estas posibles interferencias podría comprometer la capacidad de la estructura para manejar de manera segura el caudal vertido.

Finalmente, el calado del flujo aguas abajo es un factor que afecta la eficiencia del vertedero, ya que la profundidad del flujo posterior a la cresta determina las condiciones de salida y la disipación de energy. La correcta consideración de este parámetro es fundamental para evitar el fenómeno de salto hidráulico no controlado, que podría aumentar las presiones sobre la estructura y generar efectos erosivos indeseados.

Dibujo 17

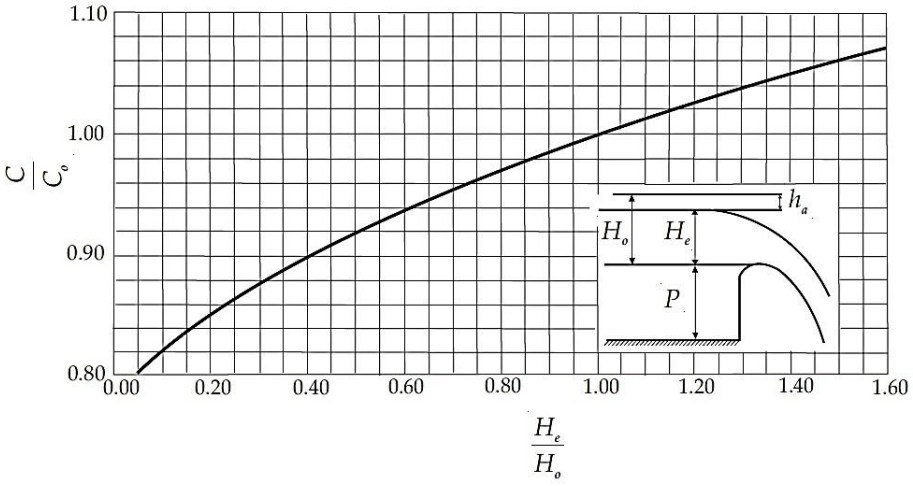
Resultados de Co(adimensional)



Referencia: Arreguín Cortés, F., & Alcocer Yamanaka, V. (2010). Diseño hidráulico de vertederos. México Dibujo 38

Asimismo, la USBR proporciona una gráfica que permite ajustar el coeficiente de descarga según las diferentes cargas operativas del vertedero, tal como se muestra en el dibujo 18.0. Esta gráfica resulta de gran utilidad para los ingenieros y diseñadores, ya que les permite optimizar el rendimiento del vertedero en función de las condiciones específicas de operación. Al considerar distintas magniitudes de carga de agua, la gráfica facilita una estimación más precisa del comportamiento del flujo, permitiendo realizar ajustes necesarios en el diseño y asegurando así una mayor eficiencia y seguridad en la estructura hidráulica.

Dibujo 18
Resultados de C/Co(adimensional)



Referencia: Arreguín Cortés, F., & Alcocer Yamanaka, V. (2010). Diseño hidráulico de vertederos. México Dibujo 39

La longitud efectiva de la cresta de un vertedero se determina considerando que esta puede reducirse debido a la influencia de pilares y contrafuertes, los cuales generan restricciones laterales en la capa de agua. La fórmula que contempla estos elementos es la siguiente:

$$L = L' - 2(NK_p + K_a)H_o$$

Donde:

L: Longitud efectiva de coronación,

L': Longitud neta de coronación,

N: Numero de pilas,

K_p: Coeficiente de contracción debido a las pilas,

K_a: Coeficiente de contracción debido a los estribos,

H_o: carga total sobre la coronación.

Para calcular el coeficiente de contracción Kp en pilares con tajamares rectangulares, con esquinas suavizadas y radios que corresponden aproximadamente al 10% del espesor del pilar, se establece que Kp=0.02. En el caso de pilares con tajamares redondeados, el valor de Kp es de 0.01. Si los pilares tienen tajamares afilados, el coeficiente es Kp=0.0.

En cuanto a los contrafuertes, para aquellos con forma cuadrada y que presentan un muro en la parte superior que forma un ángulo de 90° respecto a la dirección del flujo, se asigna un coeficiente Ka=0.20. Para contrafuertes redondeados, donde el muro también forma un ángulo de 90° respecto al flujo, y el radio se encuentra entre 0.5Ho y 0.15Ho, se asigna Ka=0.10. Si el radio es mayor a 0.5Ho y el muro forma un ángulo de hasta 45° respecto al flujo, Ka es igual a 0.0.

Con base en los datos de flujo preliminares del proyecto, se puede establecer un coeficiente C para calcular un valor inicial de Ho. Este valor debe ser ajustado utilizando la Figura 17.0, considerando las interacciones necesarias para obtener una estimación más precisa.

Una vez que se ha calculado Ho, se procede a determinar la carga de velocidad ha usado las siguientes fórmulas:

$$V_a = \frac{q}{P + H_o}$$

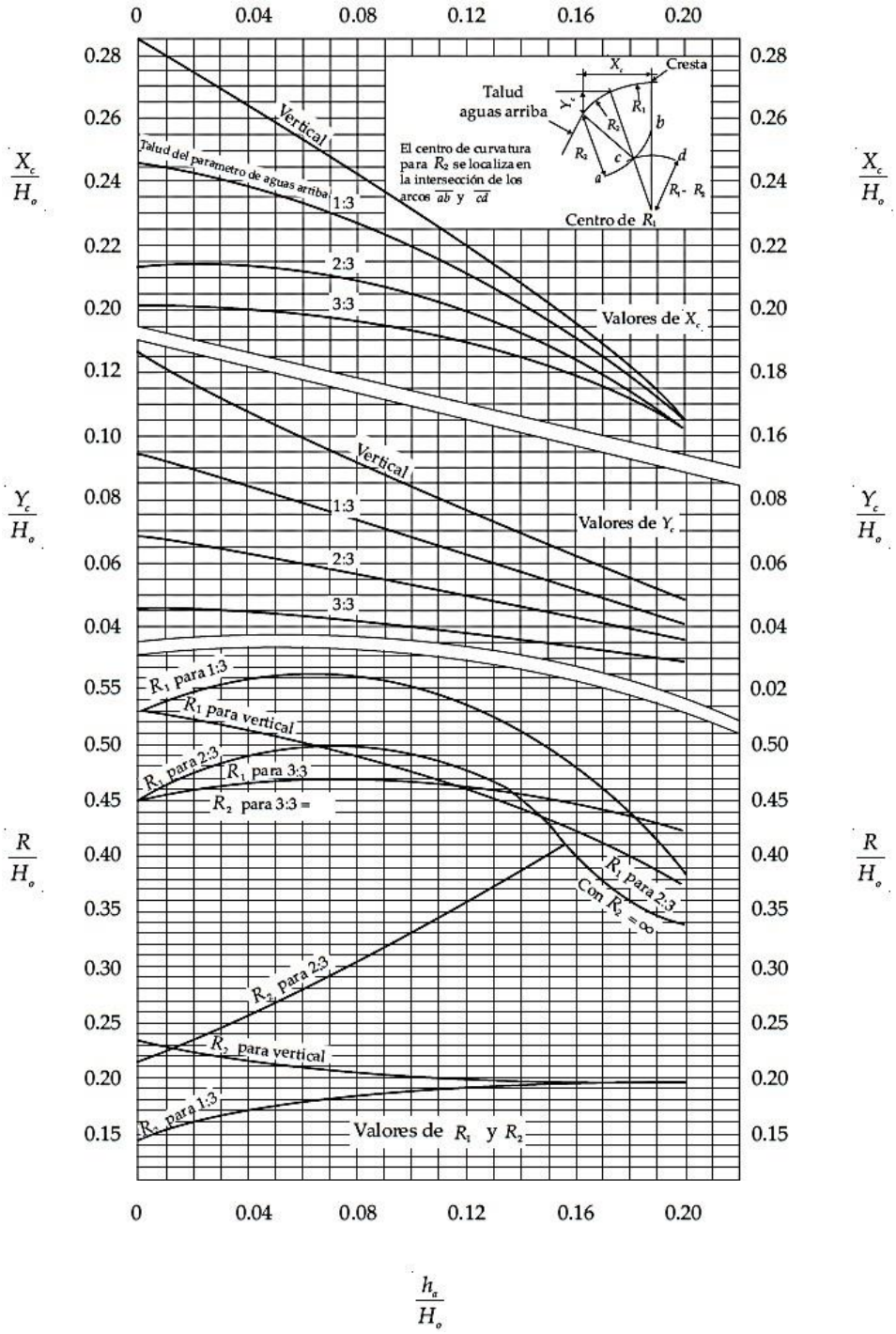
$$h_a = \frac{{V_a}^2}{2g}$$

$$h_a = \frac{q^2}{2g(P + H_o)^2}$$

CCon los resultados finales de Ho y ha, se pueden determinar los valores de K y n necesarios para resolver la ecuación 4.1. De igual manera, se procederá a calcular los valores de Xc, Yc, R1 y R2, que son fundamentales para delinear la curva conformada por arcos en la primera sección, empleando la información proporcionada en la Figura 19.0.

Dibujo 19

Coeficientes que determinan la conDibujoción de un vertedero estricto.



Referencia: Arreguín Cortés, F., & Alcocer Yamanaka, V. (2010). Diseño hidráulico de vertederos. México Dibujo 23

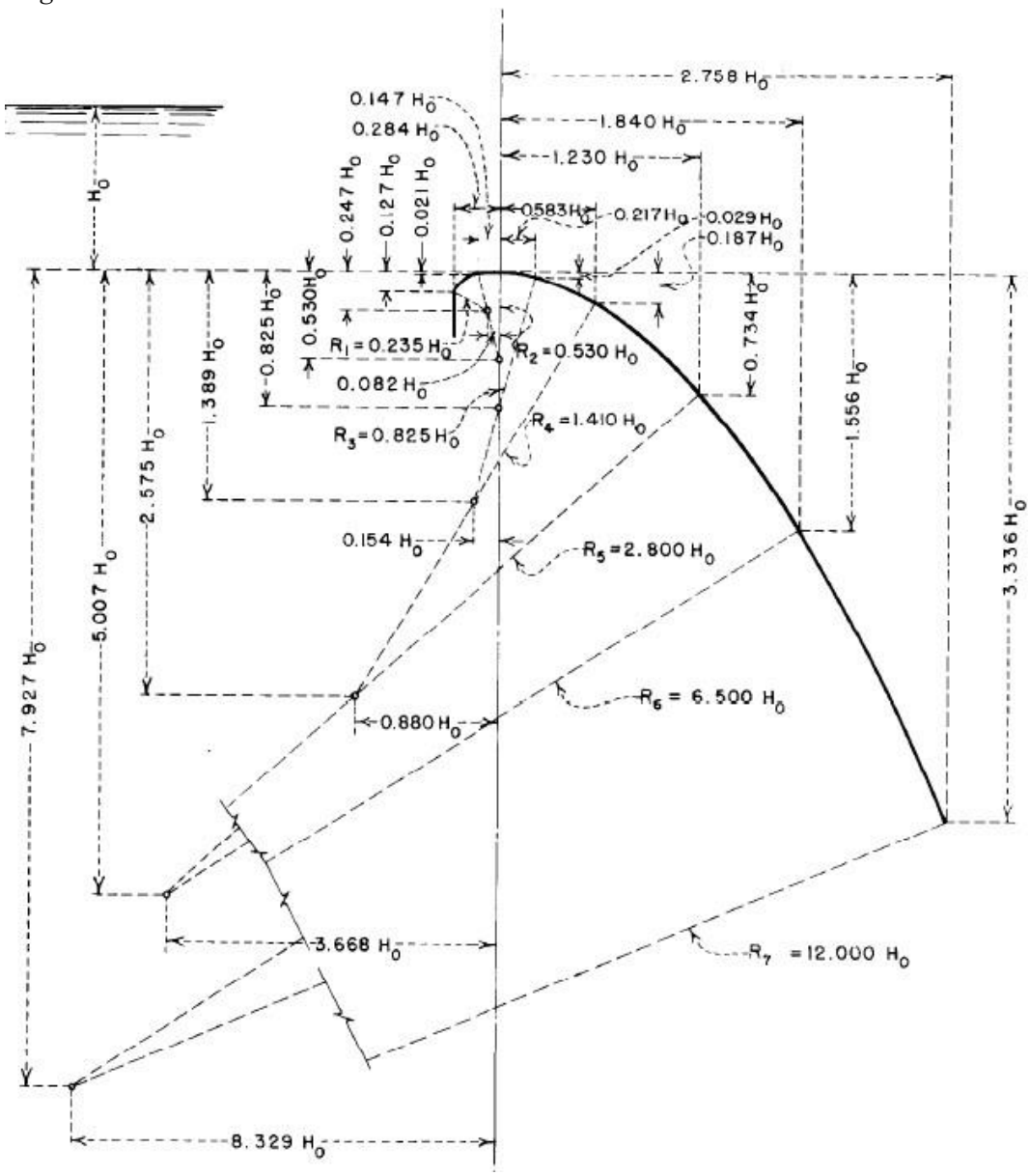
La segunda forma de definir la geometría del perfil de un vertedero se basa en una aproximación que se emplea bajo ciertas condiciones específicas. Esta técnica es

adecuada cuando el parámetro aguas arriiba presenta una configuración vertical, la velocidad de aproximación del flujo es lo suficientemente baja como para ser considerada insignificante, y cuando la altura del agua, denotada como P, es mayor o igual a la mitad de la altura de carga del vertedero. En situaciones en las que esta condición no se cumpla, es necesario utilizar el proceso descrito en el primer método de cálculo.

Este enfoque da como resultado un perfil compuesto por una curva que se forma mediante arcos. La disposición de estos arcos depende de la carga hidráulica que incide sobre la cresta del vertedero, representada como Ho. La relación entre estas variiables puede ser visualizada y calculada utilizando la información proporcionada en la Figura 20.0, lo cual facilita la obtención de un diseño óptimo y eficiente para el vertedero en cuestión.

Dibujo 20

Valores e incógnitas de un aliviadero en una serie de redondos.



Referencia: Bureau of Reclamation. (1987). Design of Small Dams. United States. Fig. 9-22

Una tercera metodología se aplica específicamente a vertederos de gran altura, en los cuales la carga hidráulica de diseño, Ho, puede ser prácticamente indistinguible de ha. Esto se debe a que ha es inversamente proporcional al término (P+Ho), lo cual implica que ha tiende a acercarse a cero. En estas condiciones, la velocidad con la que el flujo alcanza el vertedero se considera despreciable.

Investigaciones realizadas en modelos experimentales de vertederos han demostrado que el efecto de la velocidad de aproximación es mínimo cuando P > 1.33Ho. Bajo estas circunstancias, el coeficiente de descarga se fija en C = 2.225.

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos ha desarrollado perfiles que presentan variaciones respecto a los del tipo USBR. Estos perfiles, denominados tipo WES (Waterways Experiment Station), se pueden expresar mediante la siguiente fórmula:

$$X^n = K{H_d}^{n-1}Y$$

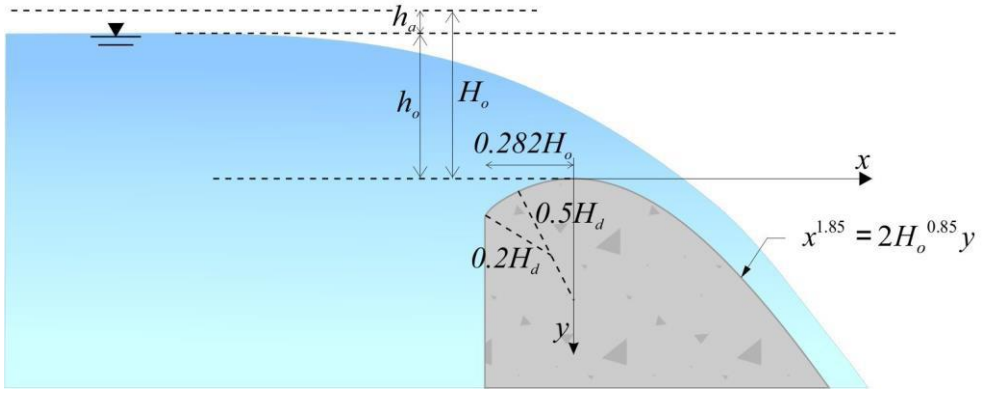
En la fórmula mencionada, X e Y representan las cooordenadas del contorno de la cresta, mientras que Hd indica la altura de diseño, que no incluye la elevación correspondiente a la velocidad del flujo de aproximación. Además, los parámetros K y n se ven afectados por la inclinación del parámetro aguas arriiba.

Las Figuras 21.0, 22.0 y 23.0 muestran diagramas que ilustran las características del perfil WES bajo diferentes configuraciones. El primer diagrama se refiere a un parámetro vertical en la zona aguas arriiba, el segundo a un talud con una proporción de 3:1, y el tercero a un talud con una relación de 3:2. En cada uno de estos casos, se especifican los valores de los radios de curvatura aguas arriiba de la cresta, así como las ecuaciones aplicables en la zona aguas abajo.

Por otro lado, la Figura 4.11 proporciona un esquema general que abarca las variiables necesarias para calcular los parámetros K y n para cualquier tipo de inclinación en el parámetro aguas arriiba. Estos valores se pueden obtener gráficamente utilizando la información proporcionada en la Figura 25.0. Esto es fundamental para diseñar vertederos que se adapten de manera eficiente a diversas condiciones hidráulicas y geométricas.

Dibujo 21

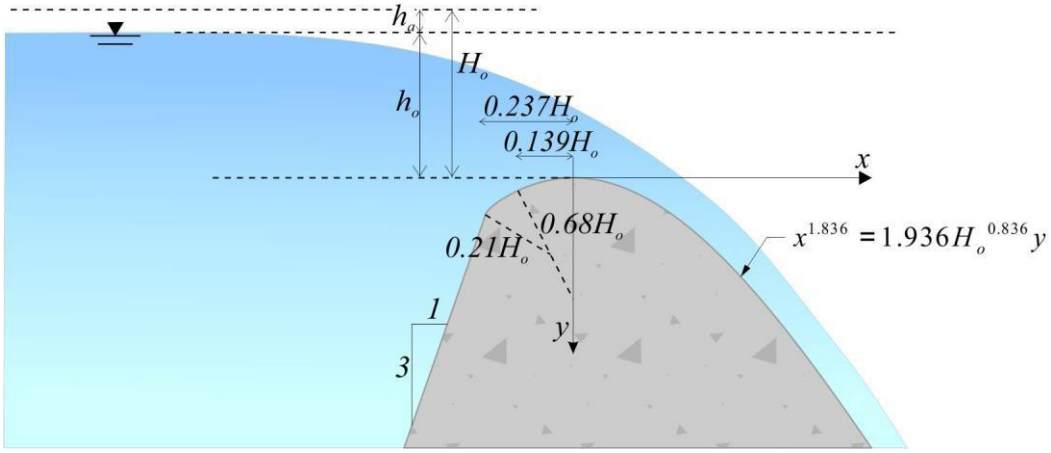
Vertedero WES con una pared vertical en la zona H2Os arriiba.



Referencia: Creación autónoma.

Dibujo 22

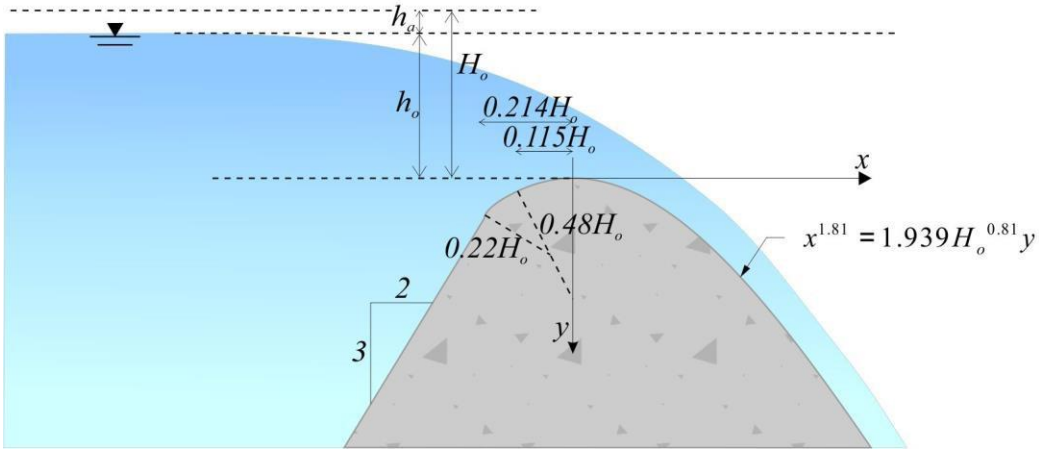
Perfil WES con un talud de 3:1 en la zona H2Os arriiba.



Referencia: Creación autónoma.

Dibujo 23

Perfil WES con un talud de 3:2 en la sección H2Os arriiba.

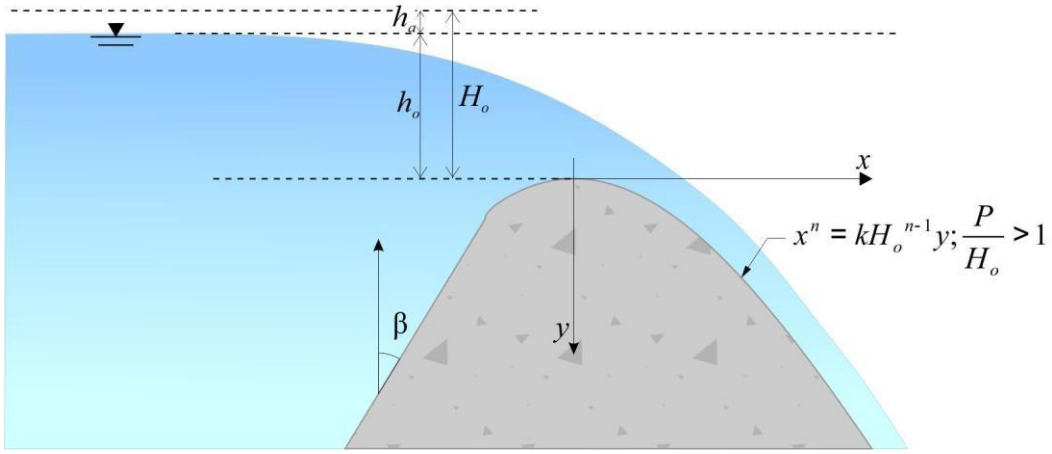


Referencia: Creación autónoma.

Los valores de K y n correspondientes a cualquier pendiente del parámetro se pueden determinar a partir del gráfico proporcionado. Esta representación visual permite establecer una correlación directa entre las variiables de diseño y la inclinación del parámetro, facilitando así tanto el cálculo como la optimización de los perfiles del vertedero. Al examinar el gráfico, es posible identificar las intersecciones y patrones que brindan una comprensión más profunda sobre cómo las variaciones en el talud influyen en el comportamiento del flujo y en la eficiencia del vertedero, garantizando de esta manera un diseño más efectivo y adaptado a las condiciones específicas del proyecto.

Dibujo 24

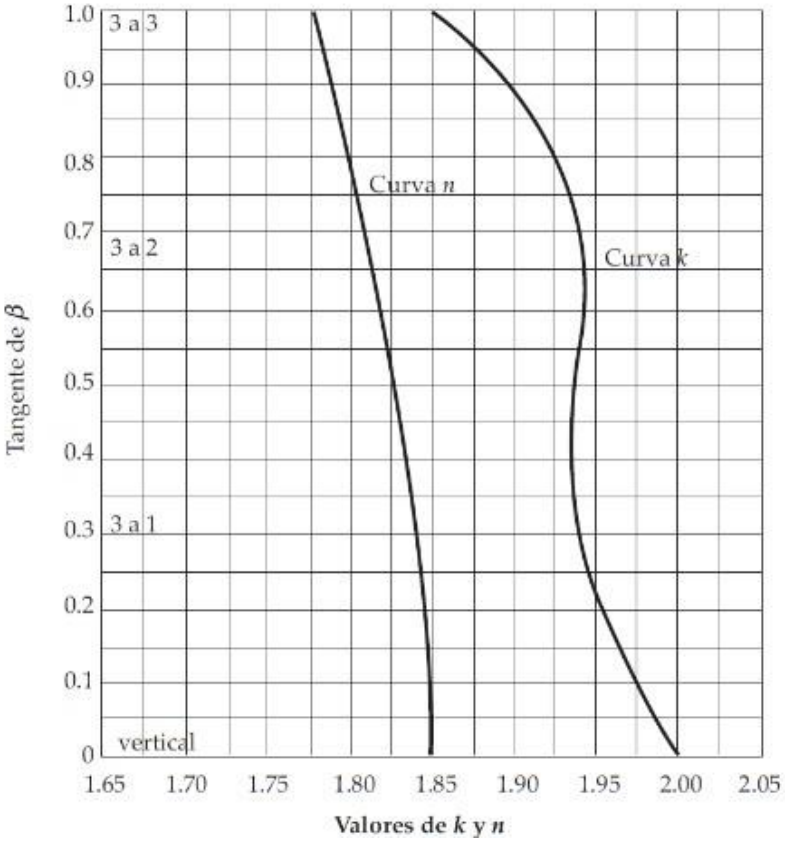
Variiables necesarias para calcular los valores de K y n.



Referencia: Creación autónoma.

Dibujo 25

Valores de K y n aplicables a cualquier pendiente del paramento H2Os arriiba.



Referencia: Arreguín Cortés, F., & Alcocer Yamanaka, V. (2010). Diseño hidráulico de vertederos. México, Dibujo 29

2.2.18.1.2. Estructura final y/o terminal.

La estructura final del vertedero desempeña un rol esencial al modificar la trayectoria del chorro de agua, facilitando su expulsión y garantizando una ventilación adecuada antes de que el flujo se dirija hacia una zona específica aguas abajo. Este diseño es fundamental para gestionar todos los caudales de operación de manera eficiente. Además, es crucial que la estructura sea diseñada para soportar tanto las fuerzas de presión hidrostática, que se generan por el peso acumulado del agua, como las cargas dinámicas, derivadas de las variaciones en el flujo y de la energy cinética del agua.

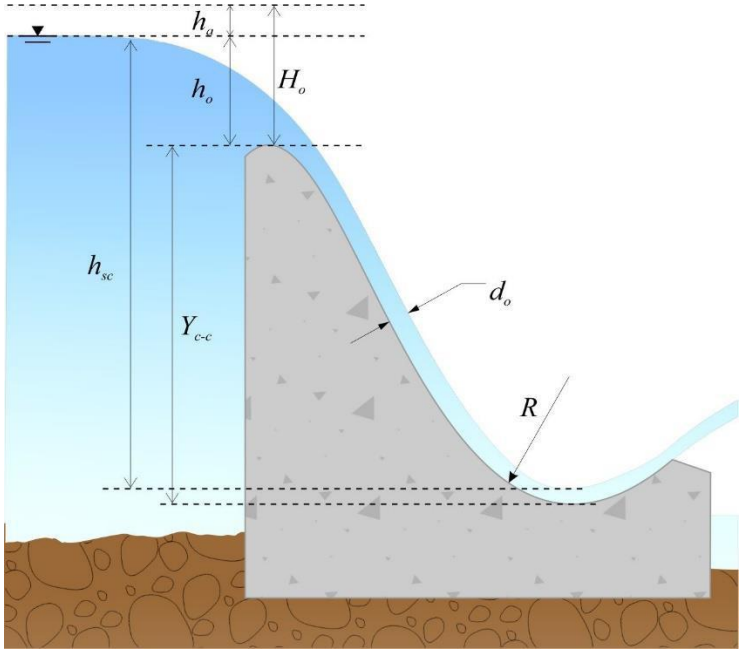
- **Radio y/o ondulación del cucharón.**

Varios investigadores han desarrollado ecuaciones destinadas al cálculo del radio del cucharón, fundamentándose en la necesidad de obtener una distribución de presiones óptima en el sistema. Estas ecuaciones son cruciales para asegurar el rendimiento y la eficacia de la estructura en la gestión del flujo de H2O.

El dibujo 26.0 ilustra un esquema que agrupa las variiables esenciales para determinar el radio del cucharón, tal como lo han propuesto diferentes autores. En las secciones siguientes, se explorarán en detalle las distintas metodologías y enfoques sugeridos por cada uno de estos investigadores, destacando sus contribuciones al entendimiento y optimización de esta importante variiable en el diseño hidráulico.

Dibujo 26

Variiables para calcular el radio del cucharón.



Referencia: Creación autónoma.

- **Damle, publicado en 1966**

$$R = (\frac{H_o}{d_o})^{0.5} d_o$$

$$H_o = \frac{{V_o}^2}{2g}$$

H_o: Altura de la carga de velocidad en el flujo de aproximación (m)

d_o: Profundidad del flujo de aproximación (m)

V_o: Velocidad promedio del flujo de aproximación (m/s)

- **Varshney y Bajaj, publicado en 1970**

$$R = \frac{d_o}{0.06}({Fr_o}^{0.5} - 1.96)$$

d_o: Profundidad del flujo de aproximación (m)

Fr_o: Numero de Frooude del flujo de aproximación

- **Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos – México publicado en 1977**

$$R = (2.5\ a\ 3.0)d_o$$

d_o: Profundidad de aproximación (m)

- **U.S. Bureau of Reclamation publicado en el año 1987**

$$R > 5d_o$$

$$R = (\frac{H_o}{hp_{max}})d_o$$

$$H_o = \frac{{V_o}^2}{2g}$$

Ho: Altura de carga de velocidad en el flujo de aproximación (m)

do: Profundidad de aproximación (m)

Vo: Velocidad promedio del flujo de aproximación (m/s)

hpmax: Carga máxima de presión (m)

- **Mason publicado en el año 1993**

$$R = (2.5\ a\ 3.0)d_o$$

do: Profundidad de entrada (m)

- **Khatsuria publicado en el año 2005**

$$R = \sqrt{h_o * Y_{c-c}}$$

$$R = (3\ a\ 7)d_o$$

do: Profundidad de entrada (m)

ho: Altura del H2O sobre la cresta (m)

Yc-c: Distancia vertical desde la cresta hasta el punto más bajo del cucharón (m)

- **Bureau of Indian Standards publicado en el año 2010**

$$R > 3d_{o\,max}$$

$$R = (0.6\ a\ 0.8)\sqrt{h_o * H_{sc}}$$

do máx: Profundidad máxima de entrada (m)

ho: Altura del H2O sobre la cresta (m)

Hsc: Diferencia de nivel entre el embalse y la superficie del H2O en el punto más bajo del cucharón (m)

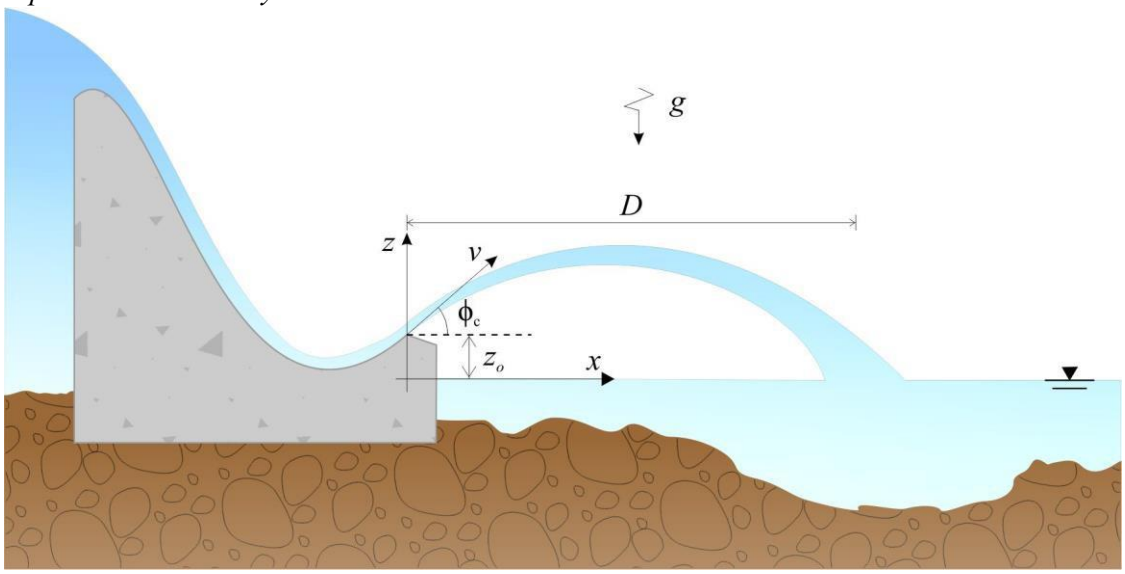
- **Ruta del chorro y ángulo de salida del cucharón (φ_c).**

La ruta del fluido de H2O se describe como un movimiento parabólico, lo que significa que sigue una curva característica bajo la influencia de la gravedad. Este trayecto está determinado en gran medida por dos factores clave: la vel. De empiezo del chorro y el ang. de ida en relación con la horizontal. A medida que el chorro se proyecta, estas variiables afectan su altura y distancia horizontal, lo que resulta en la forma específica de la parábola. (Khatsuria, 2005)

El dibujo 27.0 presenta un diagrama que ilustra las variiables relevantes para el análisis de la trayectoria del chorro. En este esquema, se pueden observar cómo cada uno de estos parámetros interrelaciona y contribuye a las deducciones necesarias para comprender el comportamiento del flujo. Este análisis es fundamental para optimizar el diseño de estructuras hidráulicas, asegurando que el chorro se dirija adecuadamente hacia su destino y cumpla con los requisitos de funcionamiento esperados.

Dibujo 27

Variiables para analizar la trayectoria del chorro



Referencia: Creación autónoma.

Desarrollando las ecuaciones de movimiento y omitiendo la resistencia del aire, se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$x = v_x t$$

$$z = z_o + v_x t - \frac{1}{2} g t^2$$

Al despejar el valor de “t” en la ecuación (4.19) y sustituirlo en la ecuación (4.20), obtenemos:

$$z = z_o + \frac{v_z}{v_x}x - \frac{1}{2{v_x}^2}gx^2$$

Dado que:

$$v_x = vcos\varphi_c$$

$$v_z = vsen\varphi_c$$

$$\frac{v_z}{v_x} = tax\varphi_c = m$$

Sustituyendo en la ecuación (4.21):

$$z = z_o + xtan\varphi_c - \frac{1}{2v^2cos^2\varphi_c}gx^2$$

El U.S. Bureau of Reclamation proporciona la siguiente ecuación:

$$z = z_o + xtan\varphi_c - \frac{x^2}{K[4(d + h_v)cos^2\varphi_c]}$$

En esta fórmula, para tener en cuenta la resistencia ejercida por el aire, las turbulencias internas y la fragmentación del chorro, el valor de K se ajusta a 0.9, ya que para un chorro ideal se establece en 1.

Asimismo, se observa una relación entre las ecuaciones (4.25) y (4.26), donde se realiza el siguiente reemplazo: $\frac{v^2}{g}2(d + h_v)$

Dado que:

$$1 + tan^2\varphi_c = sec^2\varphi_c$$

A partir de la ecuación (4.25), se obtiene:

$$z = z_o + xtan\varphi_c - \frac{gsec^2\varphi_c}{2v^2}x^2$$

$$z = z_o + xtan\varphi_c - (1 + tan^2\varphi_c)\frac{g}{2v^2}x^2$$

$$z = z_o + mx - (1 + m^2)\frac{g}{2v^2}x^2$$

Para determinar el valor máximo del alcance en la dirección horizontal en función de un ángulo determinado, establecemos Z=0 y X=D, donde D representa la distancia medida en sentido horizontal desde el borde del extremo del cucharón de lanzamiento.

$$0 = z_o + mD - (1 + m^2)\frac{g}{2v^2}D^2$$

$$0 = 2z_o v^2 + 2mDv^2 - gD^2 - gD^2m^2$$

$$0 = gD^2m^2 - 2Dv^2m + gD^2 - 2v^2z_o$$

La solución para esta ecuación cuadrática está dada por:

$$m = \frac{2Dv^2 \pm \sqrt{(2Dv^2)^2 - 4gD^2(gD^2(gD^2 - 2v^2z_o)}}{2gD^2}$$

$$m = \frac{2Dv^2 \pm 2D\sqrt{v^2(v^2 + 2gz_o) - g^2D^2}}{2gD^2}$$

Cuando $v^2(v^2 + 2gz_o) - g^2D^2 > 0$ el término radical de la ecuación tiene dos soluciones reales, lo cual implica que una misma distancia D puede ser alcanzada con dos inclinaciones diferentes, m1 y m2. Además, se determinará una distancia máxima posible cuando el valor del radical sea igual a cero.

$$m = \frac{2Dv^2}{2gD^2}$$

$$m = \frac{v^2}{gD_{max}}$$

$$v^2(v^2 + 2gz_o) = g^2Dmax^2$$

$$Dmax = \frac{v^2}{g}\sqrt{1 + \frac{2gz_o}{v^2}}$$

Sustituyendo la ecuación (4.39) en la ecuación (4.37):

$$m = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2gz_o}{v^2}}}$$

Se infiere que la máxima pendiente se producirá cuando z_o=0, lo cual implica que φ_c=45° y D=v^2/g. Sin embargo, estas condiciones no son aplicables a un salto hidráulico en rampa-esquí, ya que se requiere una altura adecuada para permitir que el chorro esté correctamente ventilado.

Diversos investigadores brindan recomendaciones para determinar el ángulo óptimo de salida del cucharón en un salto hidráulico en rampa - eskí (φ_c):

Edward Elevatorsky (1959)	20° - 30°
Secretaria de Agricultura y RRHH – México	30° - 45°
Nuray Denli Tokyay	20° -40°
Rajan y Shivashankara Rao (1980)	20° - 40°
Mason (1993)	20° -35°
Khatsuria (2005)	20° - 40°
Bureau of Indian Standards (2010)	30°-40°

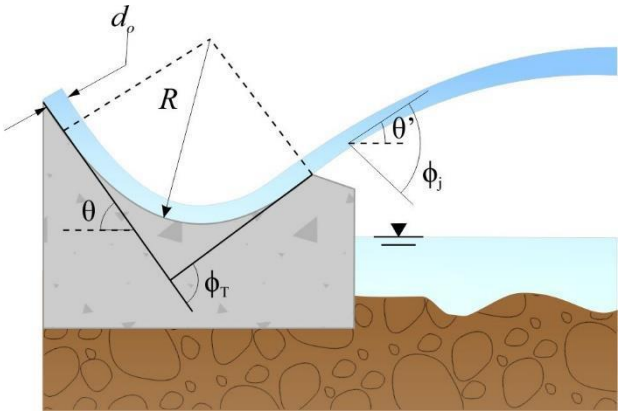
- **Ángulo de lanzamiento del chorro (θ').**

Para definir el ángulo de salida del flujo, se establecen los siguientes criterios:

- **Orlov publicado en el año 1974**

Dibujo 28

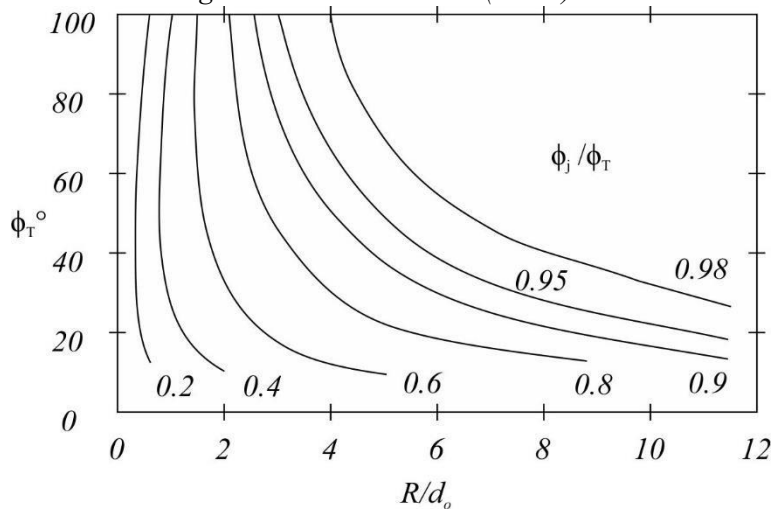
Variiables para analizar el H2O en salida.



Referencia: Creación autónoma.

Dibujo 29

Monograma para definir la salida del agua - eskí convencional (Orlov).



Referencia: Vischer & Hager, 1995, pág. 140.

Nuestro Dibujo 28.0 presenta 1 diagrama de las variiables que se evaluarán mediante un gráfico utilizando el Dibujo 29.0 con esto se determinara el ángulo de salida del chorro según la fórmula de Orlov. Este criterio se basa en números como el rad. de ondulación del cucharón y la profundidad del flujo de acercamiento.

En la división R/d es pequeña, cuando $Fr_o > 5(\text{sen}\theta)^{0.5}$ se establece lo siguiente:

$$\theta' = \varphi_j - \theta$$

En la división R/d grande, se establece que $\Phi_j=\Phi_T$, $Fr_o > 5(\text{sen}\theta)^{0.5}$ se obtiene lo siguiente:

$$\theta' = \varphi_T - \theta$$

θ': Ángulo de lanzamiento del chorro (°)

φ_c: Ángulo de salida del cucharón (°)

φ_j: Ángulo total de salida del chorro (°)

φ_T: Ángulo total de deflexión del cucharón (°)

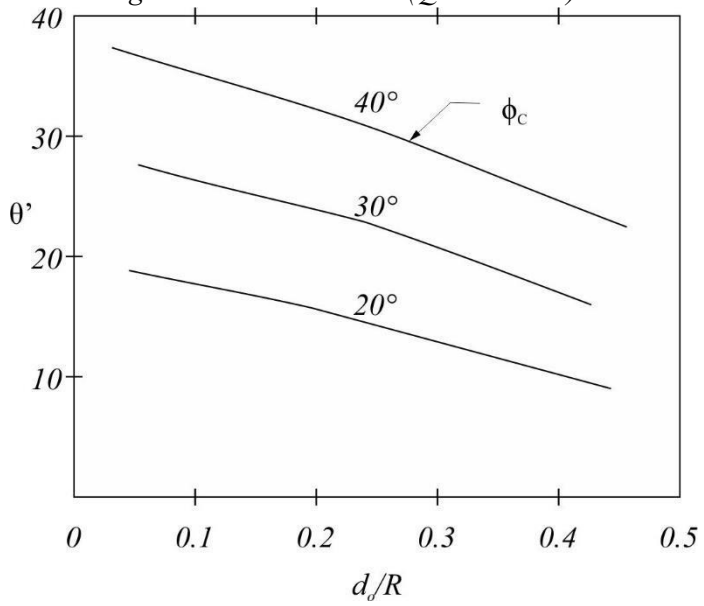
θ: Ángulo de inclinación del fondo del corredor de aproximación (°)

d_o: Profundidad de aproximación (m)

- **Quadri et al. Publicado en el año 1977**

Dibujo 30

Gráfico para calcular la salida del agua- eskí convencional (Quadri et al.).



Referencia: Khatsuria, 2005, pág. 447.

El dibujo 30.0 presenta un monograma que facilita el cálculo del ángulo de emisión del chorro. Este ángulo está condicionado por varios factores, como la inclinación de salida del cucharón, el radio de curvatura del mismo, y la profundidad del

flujo en la etapa de aproximación. El monograma permite analizar visualmente estas variiables para obtener una salida precisa del chorro, lo cual es fundamental para el diseño eficiente de estructuras hidráulicas, especialmente en saltos de esquí. La combinación de estos elementos asegura que el chorro sea guiado de manera óptima y segura hacia la sección aguas abajo.

- **Elevación del salto hidráulico en rampa - eskí.**

La elevación del salto hidráulico en rampa - esquí es un aspecto crucial en el diseño y construcción de estructuras hidráulicas que utilizan este tipo de disipador de energy. La elevación del fondo de la rampa, conocida técnicamente como "invert", se define en función de la cantidad y calidad de roca disponible que servirá como base para la cimentación, así como de la posición relativa de otras obras hidráulicas importantes, como la casa de máquinas. Esta relación se vuelve particularmente relevante cuando la casa de máquinas está ubicada por debajo de la rampa, ya que su localización determina la altura adecuada del salto en esquí.

Según el estudio realizado por Toapaxi Álvarez (2014), es esencial que el chorro de agua que se proyecta desde la rampa mantenga una diferencia de nivel adecuada respecto a la línea de agua situada aguas abajo. Esta diferencia de nivel garantiza que el chorro esté adecuadamente ventilado, lo cual es vital para evitar problemas de cavitación y abrasión en la estructura. La ventilación del chorro permite que el agua, al ser proyectada, tenga un contacto controlado con el aire, reduciendo el riesgo de formación de vacíos de presión o turbulencias intensas que puedan dañar el fondo de la rampa o el cucharón.

Además, una ventilación adecuada ayuda a proteger el cucharón de la entrada de sedimentos arrastrados por el lecho del río, los cuales pueden causar un desgaste

significativo si no se maneja correctamente la trayectoria del chorro. La falta de ventilación y la acumulación de sedimentos pueden aumentar el riesgo de abrasión y erosión, reduciendo la vida útil de la estructura y afectando su capacidad de disipar la energy cinética de manera efectiva.

En términos de elevación óptima, Nuray Denli sugiere que el chorro de agua proyectado desde la rampa debe ubicarse entre un 30% y un 50% de la altura total de la presa. Este rango permite maximizar la eficiencia de la estructura, ya que la distancia establecida entre la salida del chorro y el lecho del río permite que el agua pierda una parte significativa de su energy cinética en el aire antes de alcanzar la superficie del río. De esta manera, se logra un equilibrio entre la altura del salto y la seguridad de la estructura, minimizando el impacto de las fuerzas hidráulicas y protegiendo la rampa de posibles daños.

La elevación adecuada del chorro también está directamente relacionada con la estabilidad y seguridad de la estructura en condiciones operativas críticas, como eventos de crecidas o descargas máximas controladas. Mantener la elevación del chorro dentro del rango recomendado permite controlar la presión dinámica ejercida sobre la base de la estructura y el lecho receptor, evitando fenómenos de socavación y cavitación que podrían comprometer la estabilidad de la presa.

- **Ángulo del labio H2Os abajo de la salida del chorro (θ_L).**

El ángulo del labio aguas abajo de la salida del chorro (θL) es un parámetro crucial en el diseño de estructuras hidráulicas que utilizan trampolines de lanzamiento para dirigir el flujo de agua. Este ángulo se refiere a la inclinación específica con la que el agua abandona la estructura terminal del aliviadero, determinando la trayectoria del chorro y, en consecuencia, su comportamiento al impactar en la zona de disipación de energy. La U.S. Bureau of Reclamation (USBR) ha llevado a cabo diversos estudios experimentales

para analizar la relación entre el ángulo de despegue del chorro (θ') y las condiciones de presión generadas en la estructura terminal.

En estos estudios, realizados en obras de excedencias en túnel con un diseño terminal de trampolín, se examinaron ángulos de despegue que variaban entre los 15° y los 35°. Este rango de ángulos permite controlar la trayectoria del chorro de agua lanzado, influyendo en la disipación de energy y en la presión que se genera a lo largo de la estructura. Los ensayos se realizaron en condiciones controladas, registrando los números de Frooude entre 6.8 y 10.3, lo cual indica flujos con una alta relación entre la inercia y las fuerzas gravitatorias.

Un aspecto clave de estos estudios fue la instalación de piezómetros en el extremo del cucharón del trampolín. Estos instrumentos permitieron medir las presiones locales generadas al final de la estructura, proporcionando información valiosa sobre las condiciones de presión en esta zona crítica. Los datos recopilados indicaron que, en ciertos ángulos de despegue, se presentaron presiones por debajo del nivel atmosférico. Este fenómeno puede explicarse por la forma específica del cucharón y la inclinación del ángulo de salida del chorro, ambos factores capaces de generar fluctuaciones en la vena líquida al afectar la manera en que el flujo se separa del labio de la estructura.

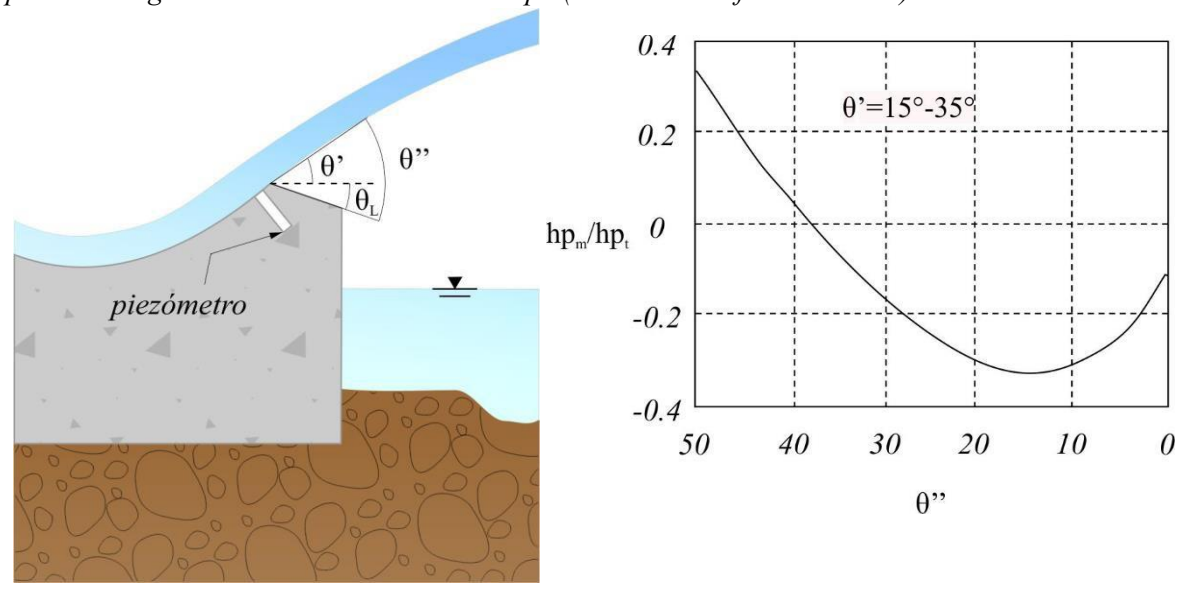
Las presiones inferiores a la atmosférica, observadas en los piezómetros, sugieren la existencia de condiciones de vacío parcial en el extremo del cucharón. Estas condiciones pueden dar lugar a fluctuaciones en la vena líquida, causando posibles efectos de cavitación o inestabilidad en el chorro de agua lanzado. La cavitación, en particular, es un fenómeno que se produce cuando se generan burbujas de vapor debido a la disminución de la presión por debajo de la presión de vapor del agua, y su colapso puede causar daños severos en la estructura. Por esta razón, es fundamental diseñar el ángulo de

salida de manera que se minimicen estas presiones negativas y se garantice un flujo de agua estable y seguro.

Los resultados obtenidos por la USBR, que se presentan en el dibujo 31.0, ofrecen un análisis detallado de la relación entre el ángulo de salida y las condiciones de presión en la estructura terminal del trampolín. En el dibujo, se puede observar la distribución de las variiables a la izquierda y un gráfico a la derecha, que ilustra cómo los diferentes ángulos de despegue influyen en las cargas de presión real (hpm) y teórica (hpt). Esta información es fundamental para los ingenieros, ya que proporciona pautas claras para ajustar el ángulo del labio en función de las características hidráulicas y las condiciones de operación del flujo.

Dibujo 31

Las presiones registradas de salida de sección tipo (U.S. Bureau of Reclamation)



Referencia: Rhone, T. J., & Peterka, A. J. (1959). *Improved tunnel spillway flip buckets.* paper 2316, vol 85.

Para minimizar el riesgo de cavitación en la sección final del labio del cucharón en un sistema de vertedero tipo salto hidráulico en rampa-esquí, se recomienda que el ángulo θ″ sea mayor a 39°. Esta precaución se basa en estudios que han demostrado que un ángulo

de esta magniitud ayuda a reducir significativamente la aparición de cavitación, un fenómeno peligroso que puede ocasionar graves daños estructurales. La cavitación se produce cuando la presión local del agua cae por debajo de la presión de vapor, lo cual genera burbujas de vapor que al colapsar pueden erosionar la superficie de la estructura de manera severa.

Según Khatsuria (2005) y la USBR (1978), el ángulo del labio del cucharón (θL) se puede determinar utilizando una fórmula específica que tiene en cuenta dos ángulos fundamentales en la trayectoria del flujo. La fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$\theta_L = \theta'' - \theta'$$

En esta ecuación:

- θ″ representa el ángulo medido desde la parte inferior del flujo hasta el borde del labio del cucharón. Este ángulo define la dirección principal del flujo en el momento en que se lanza el chorro desde la rampa.
- θ′, por otro lado, se refiere al ángulo de salida del chorro de agua desde el borde del labio.

El cálculo preciso de estos ángulos es fundamental para garantizar que el chorro de agua siga una trayectoria estable y que la energy cinética se disipe adecuadamente al impactar en el área de recepción aguas abajo. En el dibujo 32.0 se presenta un esquema detallado de la trayectoria del chorro, donde se destacan tanto la vista lateral como la vista en planta de la configuración del sistema de lanzamiento. Este esquema es útil para identificar visualmente las variiables clave necesarias para determinar la trayectoria del chorro y evaluar la expansión transversal y la amplitud máxima de lanzamiento.

Entre las variiables que se destacan en el dibujo 32.0 se incluyen parámetros esenciales para calcular el ángulo de expansión transversal del chorro, la amplitud de lanzamiento y el ángulo de impacto del flujo al entrar en contacto con la superficie del

agua aguas abajo. Estos parámetros juegan un papel determinante en la estabilidad y eficiencia hidráulica del diseño de la estructura, ya que afectan directamente cómo se disipa la energy cinética del flujo al ser lanzado desde la rampa.

El ángulo de expansión transversal del chorro es importante porque determina cómo se dispersa el flujo al ser proyectado en el aire. Una expansión bien calculada asegura una distribución uniforme del agua al llegar al área de impacto, evitando concentraciones de energy que puedan causar erosión localizada o socavación. Por otro lado, la amplitud máxima de lanzamiento define la distancia horizontal que alcanza el chorro antes de tocar el lecho receptor, lo cual permite evaluar la seguridad y eficacia de la estructura para dirigir el flujo lejos de la base de la presa o de zonas críticas.

El ángulo de impacto del chorro, por su parte, se refiere a la inclinación con la que el agua golpea la superficie del cauce aguas abajo. Un ángulo de impacto cuidadosamente diseñado ayuda a disipar de manera controlada la energy del flujo, minimizando los efectos erosivos y protegiendo tanto la estructura del cucharón como el lecho del río. Además, este ángulo influye en el comportamiento aerodinámico del chorro, ya que una trayectoria adecuadamente ventilada reduce la posibilidad de turbulencias excesivas y evita la entrada de sedimentos al área de impacto.

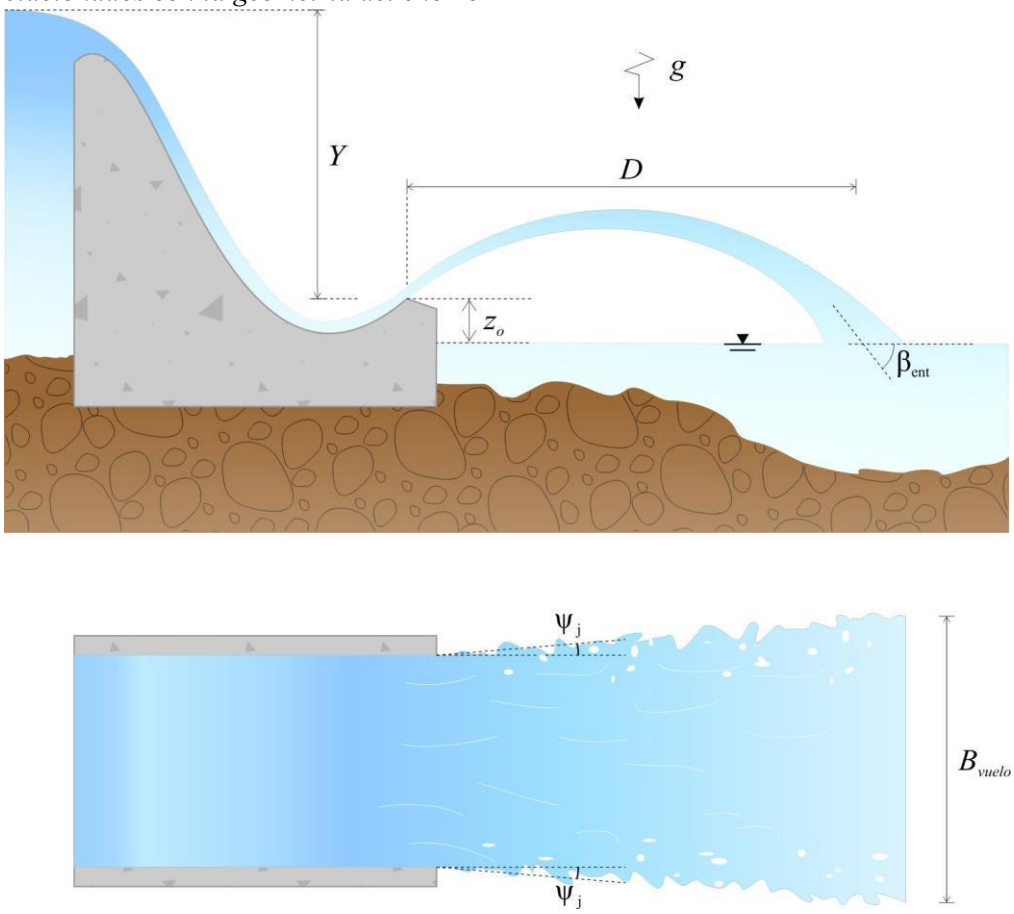
Considerar todos estos factores es fundamental para asegurar la estabilidad hidráulica y estructural del diseño de un sistema de vertedero tipo salto hidráulico en rampa-esquí. La correcta elección de los ángulos θ'' y θ', junto con el cálculo preciso del ángulo de expansión, la amplitud de lanzamiento y el ángulo de impacto, permite optimizar la eficiencia del sistema y mitigar riesgos como la cavitación y la erosión.

En conclusión, la fórmula para el cálculo del ángulo del labio del cucharón (θL) es un elemento esencial en el diseño de vertederos tipo salto hidráulico en rampa-esquí, ya que permite ajustar la trayectoria del chorro para asegurar una correcta disipación de

energy y evitar problemas de cavitación y erosión. Las recomendaciones de la USBR y Khatsuria subrayan la importancia de mantener un ángulo θ″ superior a 39° para prevenir la cavitación, y el esquema presentado en el dibujo 32.0 proporciona una guía visual para comprender las variiables y parámetros clave que intervienen en el comportamiento del chorro. La integración de estos aspectos técnicos garantiza la eficiencia y seguridad de la estructura hidráulica, protegiéndola de los efectos adversos del flujo de agua a alta velocidad.

Dibujo 32

Parámetros relacionados con la geometría del chorro



Referencia: Creación autónoma.

- **Ángulo de expansión transversal del chorro (ψ_j).**

El ángulo de expansión transversal del chorro (ψj) es un parámetro clave en el estudio y diseño de estructuras hidráulicas, especialmente aquellas que involucran el lanzamiento de chorros de agua desde trampolines o cucharones. Este ángulo describe la ampliación progresiva de la superficie del chorro a medida que se desplaza desde su punto de salida, lo cual resulta fundamental para entender cómo se dispersa el flujo de agua y cómo interactúa con el entorno aguas abajo. La expansión lateral del chorro influye en la distribución de la energy del flujo, afectando directamente la forma en que se disipa y las posibles consecuencias en términos de erosión o impactos en el lecho del río y en las estructuras receptoras. (Schaefer, 2008)

El ángulo de expansión transversal se mide desde el eje central del chorro hasta uno de sus bordes laterales, lo que permite cuantificar el ensanchamiento del flujo y prever cómo este se dispersará al desplazarse por el aire antes de impactar en el área de recepción. Este enfoque permite a los ingenieros evaluar la forma y amplitud del chorro, optimizando así el diseño de las estructuras terminales para evitar concentraciones de energy que puedan dañar la infraestructura o generar erosión significativa en el lecho del río. (Schaefer, 2008)

La magniitud del ángulo de expansión (ψj) está influenciada por varios factores hidráulicos y geométricos. Uno de los factores principales es la velocidad inicial del flujo al salir del cucharón o de la rampa de lanzamiento. A medida que la velocidad inicial aumenta, el chorro tiende a ensancharse más rápidamente, generando un ángulo de expansión mayor. Esta relación directa implica que los flujos a alta velocidad requieren un diseño de estructuras que considere un ángulo de expansión lo suficientemente amplio para disipar la energy de manera segura y efectiva.

Otro factor relevante es la configuración geométrica del cucharón. La forma, la inclinación y la curvatura del cucharón influyen en la trayectoria inicial del chorro y, por lo tanto, en la expansión lateral. Un cucharón con una geometría más pronunciada o con un diseño particular puede inducir un ensanchamiento más acelerado, modificando la dispersión del flujo en el aire y la distribución de energy al impactar en la zona de recepción.

Además, las características del flujo juegan un papel determinante en la magniitud del ángulo de expansión. Entre estas características se incluye el número de Frooude, un parámetro adimensional que describe la relación entre las fuerzas inerciales y gravitatorias en un flujo. Cuando el número de Frooude es elevado, las fuerzas inerciales predominan y tienden a generar una mayor expansión lateral del chorro. Por lo tanto, para caudales en los que se espera un número de Frooude alto, es necesario prever una expansión significativa del flujo y diseñar el sistema de disipación de energy en consecuencia.

El estudio del ángulo de expansión transversal (ψj) no solo es relevante para controlar el impacto del flujo, sino también para optimizar la eficiencia hidráulica del sistema. Un ángulo bien calculado asegura que el chorro se disperse de manera uniforme, evitando concentraciones de energy que puedan dar lugar a problemas de socavación o erosión localizadas. Además, permite diseñar áreas de recepción que minimicen los riesgos estructurales y protejan el lecho del río de daños a largo plazo.

En la práctica, los ingenieros utilizan métodos experimentales y modelos numéricos para calcular y validar el ángulo de expansión en diferentes condiciones de flujo. Por ejemplo, mediante la realización de ensayos en modelos físicos, se puede obtener una representación visual y cuantitativa de la expansión lateral del chorro, tal

como se muestra en el dibujo correspondiente. Esta representación gráfica facilita la interpretación de los resultados y la toma de decisiones en el diseño de sistemas de disipación de energy.

- **Rhone y Peterka publicado en el año 1959**

En los estudios realizados por Rhone y Peterka, publicados en 1959, se exploró el comportamiento del ángulo de divergencia del chorro de agua en estructuras hidráulicas, centrándose en la relación entre el número de Frooude y las características geométricas del cucharón de lanzamiento. Este ángulo de divergencia se refiere al grado de ensanchamiento del chorro conforme se desplaza desde el punto de salida del cucharón, influyendo en cómo se dispersa la energy del flujo y su interacción con el entorno aguas abajo. La tesis de estos autores es particularmente relevante para el diseño de sistemas de disipación de energy en presas y vertederos. (Rhone, 1959)

El cálculo del ángulo de divergencia, según Rhone y Peterka, se basa en el número de Frooude del flujo en el momento de la salida y en la geometría del cucharón. El número de Frooude es un parámetro adimensional que compara las fuerzas inerciales con las fuerzas gravitatorias en el flujo, siendo un indicador crucial para predecir el comportamiento de la expansión del chorro. La configuración geométrica del cucharón, por su parte, influye directamente en la forma en que se lanza el flujo de agua, afectando la magniitud del ángulo de divergencia.

En el caso de cucharones de lanzamiento con una geometría prismática y un fondo plano, se observó que el ángulo de divergencia del chorro suele ser relativamente pequeño. De acuerdo con los resultados presentados en la tesis, este ángulo varía típicamente entre 2° y 5°, cuando el número de Frooude se encuentra en un rango de 6 a 12. Esto sugiere que, en cucharones con una geometría plana y sencilla, la expansión

lateral del chorro es limitada, lo cual implica una distribución más concentrada de la energy y un impacto más localizado en la zona de recepción del flujo. La geometría prismática del cucharón impone restricciones en la forma en que el flujo se separa y se expande, manteniendo un perfil relativamente estrecho.

Sin embargo, en cucharones diseñados de acuerdo con las especificaciones de la U.S. Bureau of Reclamation (USBR), el comportamiento del ángulo de divergencia es diferente. Los estudios de Rhone y Peterka demostraron que los cucharones tipo USBR presentan ángulos de divergencia significativamente mayores, que oscilan entre 3° y 14° cuando el número de Frooude se encuentra en el rango de 6 a 11. Esta mayor divergencia se debe a la forma característica de estos cucharones, que están diseñados para inducir una expansión más amplia del chorro de agua, facilitando la dispersión de la energy cinética y reduciendo la probabilidad de erosión y daño estructural en el lecho receptor.

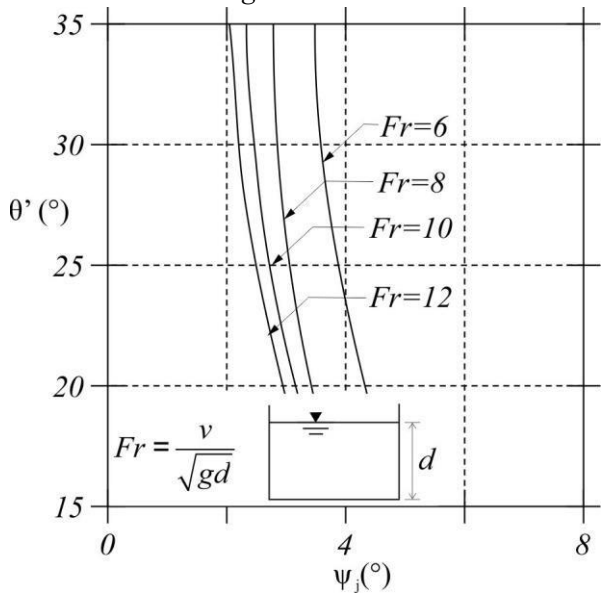
El diseño de los cucharones tipo USBR incorpora curvaturas y geometrías específicas que promueven la dispersión lateral del flujo, generando un chorro más amplio y menos concentrado. Esta estrategia de diseño es particularmente útil en escenarios donde se necesita controlar la energy del chorro y minimizar los impactos erosivos en la zona de impacto. La mayor amplitud del ángulo de divergencia permite distribuir la energy del chorro en un área más amplia, reduciendo la presión y la velocidad del flujo al entrar en contacto con la superficie del agua aguas abajo.

En el dibujo 33.0 se presenta un esquema que ilustra cómo se relacionan el número de Frooude y la configuración geométrica del cucharón con el ángulo de divergencia del chorro. La figura muestra las diferentes configuraciones de cucharones de lanzamiento y sus respectivos ángulos de divergencia, proporcionando una referencia visual que facilita la comprensión de las variaciones en la expansión del chorro en función de las características del diseño. Esta representación gráfica resulta especialmente útil para los

ingenieros que buscan optimizar el diseño de estructuras hidráulicas para maximizar la disipación de energy y proteger las infraestructuras y los lechos de los ríos.

Dibujo 33

Se muestra el grado de divergencia de salida dela gua.



Referencia: Improved tunnel spillway flip buckets, Rhone y Peterka, 1959, vol 85, No HY12, paper 2316.

- **Vischer y Hager publicado en el año 1995)**

En su tesis publicada en 1995, Vischer y Hager desarrollaron un modelo matemático para calcular el ángulo de expansión lateral del chorro (ψj\psi_jψj) en sistemas hidráulicos que involucran el uso de cucharones de lanzamiento y vertederos. Este ángulo de expansión se refiere al ensanchamiento que experimenta el chorro de agua a medida que se desplaza desde su punto de salida, y su correcta determinación es fundamental para garantizar la estabilidad y eficiencia de la estructura, así como para mitigar problemas de erosión en la zona de impacto.

La fórmula propuesta por Vischer y Hager para calcular ψj\psi_jψj se expresa de la siguiente manera:

$$\Psi_j = tan^{-1}(\frac{1.05(\frac{d}{Y})^{0.5}}{\tanh\,(6q^{-1/3})})$$

$$\bar{q} = {}^{q}/_{(gL^3{}_v)^{0.5}}$$

En esta ecuación, el ángulo de expansión lateral (ψj) se mide en grados, y su valor depende de diversos parámetros relacionados con el flujo de agua y las características geométricas de la estructura. La fórmula utiliza una combinación de funciones trigonométricas e hiperbólicas para modelar el comportamiento del chorro y su expansión lateral, lo cual permite capturar las complejidades de la dinámica del flujo en el entorno de la estructura.

En este contexto, cada uno de los términos que aparecen en la ecuación tiene un significado específico:

- **d**: Se refiere al calado del flujo en el cucharón, es decir, la profundidad del agua en la sección del cucharón donde se produce el lanzamiento del chorro. Esta variiable se mide en metros y representa la cantidad de agua disponible en el punto de salida.
- **g**: Denota la aceleración debida a la gravedad, que se considera constante y tiene un valor de aproximadamente 9.81 m/s². La gravedad es un factor clave en la determinación de la energy potencial del flujo y, por ende, en la expansión lateral del chorro.
- **L**: Representa la longitud efectiva del vertedero, medida desde la cresta del vertedero hasta el labio del cucharón. Esta longitud, expresada en metros, influye en la trayectoria y el comportamiento del flujo a medida que se aproxima al punto de lanzamiento.

- **q**: Indica el caudal unitario, medido en metros cúbicos por segundo por metro ($m^3/s/m$). Este valor se utiliza para calcular la intensidad del flujo a lo largo de la longitud del vertedero.
- **Y**: Corresponde a la distancia vertical entre el nivel del embalse y el labio del cucharón, medida en metros. Este parámetro refleja la altura desde la cual se lanza el chorro y tiene un impacto directo en la velocidad y expansión del flujo.

En términos de su aplicación práctica, Vischer y Hager sugirieron que el ángulo de expansión lateral del chorro (ψj) debería mantenerse dentro de un intervalo de 5° a 10° cuando la relación entre d y R (siendo R un radio característico del cucharón) sea menor a 0.10. Esta recomendación busca garantizar que la expansión del chorro sea controlada, evitando concentraciones excesivas de energy en áreas específicas del lecho del río o en la estructura de recepción del flujo.

Además de la fórmula mencionada, Vischer y Hager proporcionaron una expresión adicional para normalizar el caudal unitario ($\bar{q}$):

$$\bar{q} = \frac{q}{(gL_v^3)^{0.5}}$$

Esta relación permite analizar el caudal unitario en términos adimensionales, facilitando la comparación y el ajuste de parámetros en diferentes contextos de diseño hidráulico. La normalización del caudal con respecto a la gravedad y a la longitud del vertedero proporciona una base coherente para evaluar el comportamiento del chorro y ajustar los diseños para optimizar la expansión lateral.

En la práctica, esta metodología desarrollada por Vischer y Hager permite a los ingenieros diseñar cucharones de lanzamiento que minimicen los riesgos de erosión y daños estructurales. Al controlar el ángulo de expansión lateral (ψj) se logra una

dispersión más uniforme del flujo, reduciendo las velocidades y presiones en la zona de impacto. Esto es especialmente relevante en situaciones donde se manejan grandes caudales y es necesario disipar la energy cinética de manera segura y eficiente.

- **Ancho máximo de proyeccion del chorro (B_{vuelo}).**

El ancho máximo de proyección del chorro (Bvuelo) es un parámetro esencial en el diseño de estructuras hidráulicas que utilizan sistemas de lanzamiento para disipar la energy del flujo. Este ancho se refiere a la extensión lateral que alcanza el chorro de agua a medida que se proyecta desde la estructura terminal y se desplaza en el aire antes de entrar en contacto con el área de impacto o el cuerpo de agua aguas abajo. La correcta determinación de Bvuelo es clave para garantizar que la distribución del flujo sea eficiente y controlada, minimizando así los riesgos de erosión y desgaste en las infraestructuras de recepción.

El ángulo óptimo de lanzamiento se logra cuando el chorro de agua es proyectado de manera que penetre en una zona de remanso creada por la estructura terminal. Esta zona de remanso es un área caracterizada por su relativa calma y la ausencia de turbulencias intensas, lo cual facilita la correcta ventilación del chorro. La ventilación es un aspecto crucial, ya que permite evitar la formación de cavitación, un fenómeno que puede causar daños severos a las superficies del cucharón o de las estructuras adyacentes. La cavitación se produce cuando se generan burbujas de vapor en áreas donde la presión cae por debajo del nivel de presión de vapor del agua, y el colapso de estas burbujas produce ondas de choque que erosionan las superficies de contacto.

Al configurar el ángulo de lanzamiento de manera adecuada, se busca que el flujo se estabilice al entrar en la zona de remanso, maximizando así la eficiencia de la proyección del chorro y garantizando que este alcance la distancia de lanzamiento requerida. La configuración correcta del ángulo no solo mejora la eficiencia hidráulica, sino que también optimiza la interacción entre el chorro de agua y el cuerpo de agua subyacente, asegurando una distribución homogénea de las fuerzas y una disipación de energy más segura y efectiva.

Para calcular el ancho máximo de proyección del chorro (Bvuelo), se utiliza la siguiente fórmula:

$$B_{vuelo} = B + 2Dtan\Psi_j$$

En esta fórmula:

- B representa el ancho de la estructura en el punto de salida del chorro, generalmente medido en metros.
- D denota la distancia vertical o el calado en el cucharón desde el punto de salida hasta la zona de remanso.
- ψj es el ángulo de expansión lateral del chorro, que describe cómo se ensancha el flujo conforme se desplaza en el aire.

El término 2Dtan(ψj) en la ecuación refleja el incremento del ancho del chorro debido a la expansión lateral en ambas direcciones a medida que se proyecta desde la estructura. La fórmula permite determinar el ancho total de la proyección del chorro en su punto más distante, lo cual es fundamental para evaluar si la estructura de recepción es lo suficientemente amplia para manejar de manera segura la dispersión del flujo.

En términos de diseño, comprender y optimizar el ancho máximo de proyección del chorro es crucial para el desarrollo de estructuras hidráulicas más eficientes y seguras. La correcta configuración del ángulo de lanzamiento y la proyección adecuada del chorro

permiten una mejor distribución de las fuerzas hidráulicas, reduciendo así las concentraciones de energy que podrían generar erosión o socavación en las áreas de impacto.

El dibujo correspondiente proporciona un esquema visual que ilustra cómo se calcula Bvuelo y cómo se relacionan los parámetros mencionados con la proyección del chorro. Esta representación gráfica facilita la interpretación y el ajuste del diseño para optimizar la eficiencia del sistema de lanzamiento y disipación de energy.

- **Ángulo de ingreso del chorro en la superficie del H2O (βent).**

El ángulo de ingreso del chorro en la superficie del agua (βent) es un parámetro crucial en el diseño de estructuras hidráulicas que lanzan chorros de agua hacia una zona de remanso ubicada aguas abajo de la estructura terminal. Este ángulo define la manera en que el chorro de agua interactúa con la superficie del agua en reposo, afectando directamente la dinámica de la ventilación, la cantidad de turbulencia generada y, por lo tanto, la eficiencia del sistema en términos de disipación de energy y estabilidad del lecho del río.

La correcta determinación de βent permite prever cómo el chorro ingresará a la superficie del agua en la zona de remanso. Si el ángulo se ajusta adecuadamente, se logra una entrada suave y bien ventilada del chorro en la superficie del remanso, minimizando la generación de turbulencias y la posibilidad de cavitación. La cavitación, que ocurre cuando se forman burbujas de vapor debido a la reducción de la presión por debajo del nivel de presión de vapor del agua, puede causar daños severos a las estructuras si no se controla de manera efectiva.

La fórmula teórica utilizada para calcular el ángulo de ingreso del chorro es:

$$\beta_{ent} = tan^{-1}(\sqrt{tan^2\theta' + \frac{2gz_o}{v^2 cos^2\theta}})$$

En esta ecuación:

- θ′ representa el ángulo de salida del chorro desde la estructura terminal. Este ángulo determina la dirección inicial del chorro al ser proyectado desde la rampa o el cucharón.
- g denota la aceleración debido a la gravedad (aproximadamente 9.81 m/s²), que influye en la trayectoria del chorro mientras se desplaza por el aire.
- zo es la distancia vertical entre el punto de lanzamiento del chorro y la superficie del agua en el remanso, medida en metros. Este parámetro afecta la caída y la velocidad final del chorro antes de impactar en el remanso.
- v es la velocidad inicial del chorro al salir de la estructura, medida en metros por segundo.
- El término cos^2θ en la fórmula se utiliza para corregir la trayectoria del chorro en función del ángulo de salida.

El cálculo de βent proporciona información valiosa sobre el comportamiento del chorro al entrar en contacto con la superficie del agua. Un ángulo de entrada controlado permite optimizar la disipación de energy del chorro, reduciendo las fuerzas verticales que podrían generar erosión en el lecho del cauce receptor. Además, un ángulo de ingreso demasiado pronunciado incrementa la componente vertical de la velocidad del chorro, lo que puede ocasionar impactos erosivos en la base de la estructura o en las áreas críticas del lecho del río.

Para evitar problemas de erosión y mejorar la estabilidad del cauce, se recomienda que el ángulo de ingreso del chorro (βent) se mantenga dentro de un rango de 30° a 40°. Esta recomendación busca lograr un equilibrio entre la dirección del chorro y su energy

cinética, de manera que el flujo impacte de forma controlada en la superficie del remanso. Mantener el ángulo dentro de este intervalo garantiza una caída más moderada y evita concentraciones de energy en puntos específicos del lecho, reduciendo así el riesgo de socavación y desgaste prematuro.

La configuración adecuada del ángulo de ingreso del chorro también favorece una ventilación eficiente. Cuando el chorro ingresa a la superficie del remanso a un ángulo óptimo, se crea un espacio de aire suficiente entre el flujo y la superficie del agua, lo cual evita la formación de cavidades de baja presión que podrían dar lugar a cavitación. La ventilación es especialmente importante en sistemas donde se manejan caudales elevados o donde se requiere una disipación efectiva de la energy en áreas de alta presión.

En términos de diseño estructural, un análisis detallado del ángulo de ingreso del chorro permite optimizar la forma y la disposición de la estructura terminal, mejorando así el desempeño general del sistema hidráulico. La figura correspondiente, mostrada en el dibujo, proporciona un esquema visual de cómo el ángulo de ingreso (βent) se relaciona con la configuración de la estructura y con la interacción del chorro en la superficie del remanso. Esta representación facilita la comprensión de los factores que influyen en la trayectoria del chorro y la forma de ajustar el diseño para maximizar la eficiencia hidráulica y minimizar los riesgos de daños estructurales.

2.2.18.2. Propiedades hidrodinámicas

2.2.18.2.1. Presión en el cucharón.

Las fuerzas de presión a lo largo del cucharón están determinadas por varios factores, entre los cuales destacan la velocidad del flujo de entrada, el radio de curvatura del cucharón, la fuerza centrífuga y el nivel de agua dentro del cucharón. La velocidad de

aproximación del flujo establece la cantidad de energy cinética que transporta el agua al ingresar al cucharón, lo que impacta directamente en la presión ejercida sobre las superficies del mismo. Un aumento en la velocidad puede resultar en un incremento de la presión, lo cual podría derivar en un comportamiento más complejo y dinámico del chorro.

El radio de ondulación del cucharón también juega un papel crucial. Un radio más pequeño generalmente genera mayores fuerzas centrífugas, lo que puede aumentar la presión en la parte externa del cucharón mientras que, por otro lado, la parte interna puede experimentar una disminución de presión. Esta interacción entre la geometría del cucharón y la dinámica del flujo es fundamental para el diseño de estructuras hidráulicas.

Además, la fuerza centrífuga, que se produce debido a la ondulación del flujo en el cucharón, puede alterar las distribuciones de presión a lo largo de su superficie. Por último, el calado en el cucharón, que se refiere a la profundidad del flujo de H2O dentro de este, también influye en las presiones desarrolladas, ya que una mayor profundidad puede resultar en un aumento de la presión hidrostática. En conjunto, todos estos parámetros deben ser considerados en el análisis y diseño de cucharones para garantizar un rendimiento adecuado y minimizar problemas como la cavitación o el desgaste del material.

- **Balloffet publicado en el año 1961**

Para determinar la presión máxima:

$$hp_{max} = d_o + \frac{{V_o}^2}{2g}\left(1 - \left(\frac{R - d_o}{R}\right)^2\right)$$

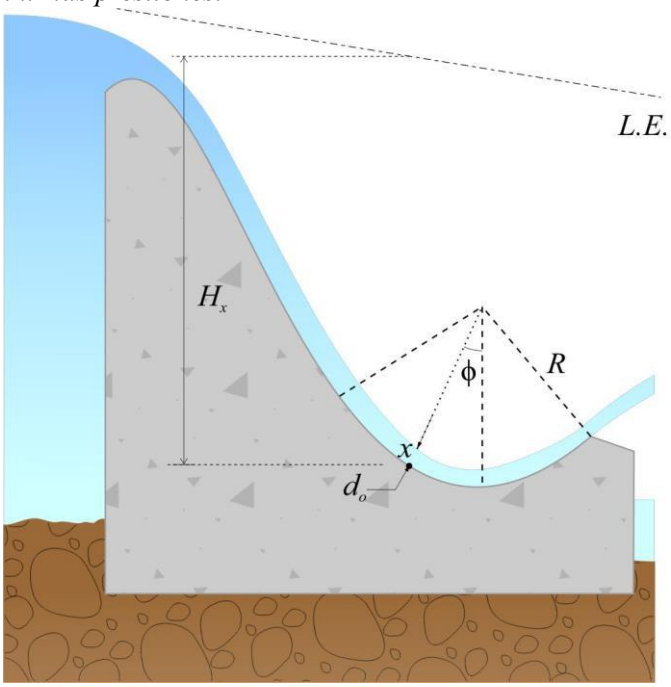
Para estimar la distribución de presiones a lo largo del cucharón, excluyendo el borde:

$$hp = H_x - (H_x - d_o cos\varphi)(\frac{R - d_o}{R})^2$$

Las variiables necesarias para calcular las presiones a lo largo del cucharón, según Balloffet, se presentan de manera gráfica en el dibujo 34.0.

Dibujo 34

Variiables que ayudad a definir las presiiones.



Referencia: Creación autónoma.

Donde se tiene:

d_o: Calado de aproximación (m)

V_o: Velocidad promedio del flujo de aproximación (m/s)

R: Radio del cucharón (m)

H_x: Carga de energy hasta el punto x en el fondo del cucharón (m)

ϕ: Ángulo medido desde el punto más bajo del cucharón hasta un punto x a lo largo de la curva.

- **Lenau & Cassidy publicado en el año de 1969**

En el estudio realizado por Lenau y Cassidy, publicado en 1969, se presentan importantes aportes al análisis del flujo dentro de cucharones de lanzamiento, centrándose en simplificaciones que permiten un enfoque más directo en la evaluación de las dinámicas del agua. Los autores sugieren que, en el contexto de los vertederos y cucharones de lanzamiento, el impacto de la viscosidad del fluido puede ser considerado insignificante, ya que las características del flujo permiten asumir que este es irrotacional e incompresible. Esta suposición facilita el desarrollo de un marco teórico donde se pueden modelar y calcular las variiables críticas involucradas en la transferencia de energy y la distribución de fuerzas a lo largo de la estructura hidráulica.

Lenau y Cassidy propusieron dos relaciones fundamentales que se utilizan para comprender y describir el comportamiento del flujo en los cucharones de lanzamiento. Estas relaciones, ampliamente reconocidas en la literatura hidráulica, proporcionan una base teórica sólida para analizar la distribución de presiones y fuerzas que actúan sobre la superficie curva del cucharón, contribuyendo así al diseño eficiente y seguro de estas estructuras.

La primera relación introducida por los autores se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{RC_{PH}}{2d_o}; \frac{s}{d_o} < 9 \ (ampliada\ por\ Prasad)$$

En esta expresión, R representa el radio del cucharón, un parámetro geométrico clave que influye en la curvatura de la trayectoria del flujo. El coeficiente sin diimensiones CPH describe la presión relativa a lo largo del cucharón en función de la profundidad del flujo (do) en el punto de interés. La relación de s/do debe ser menor a 9 para garantizar que las suposiciones de los autores se mantengan válidas, lo cual implica

que la longitud de la curva (s) no debe exceder significativamente la profundidad del flujo en la región analizada.

La ampliación de esta relación por Prasad proporciona una mayor comprensión de los límites y las condiciones en las que el modelo es aplicable. Esta formulación se convierte en una herramienta valiosa para los ingenieros hidráulicos, ya que permite evaluar cómo se distribuyen las fuerzas a lo largo de la superficie curva del cucharón y cómo se comporta el flujo en función de las diimensiones y la geometría de la estructura.

La segunda relación propuesta por Lenau y Cassidy se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$C_{PH} = \frac{P_x}{\gamma Y_{c-c}}$$

En esta ecuación, CPH se define como un coeficiente de presión adimensional, calculado en función de la presión puntual (Px) en un punto específico de la curva del cucharón. La presión se mide en kilogramos por metro cuadrado (kg/m2), y el denominador consiste en el producto entre el peso específico del líquido (γ) y la distancia vertical (Yc−c) desde la zona más elevada del vertedero hasta el punto más bajo del cucharón.

Esta relación permite a los ingenieros evaluar la magniitud de las presiones a lo largo del cucharón de manera relativa, proporcionando una referencia para comparar las condiciones de presión en diferentes puntos de la estructura. Al ser un coeficiente sin diimensiones, CPH permite realizar análisis comparativos independientemente de las unidades de medida o las características específicas del fluido, lo cual resulta útil para el diseño y la optimización de cucharones de lanzamiento en distintos contextos.

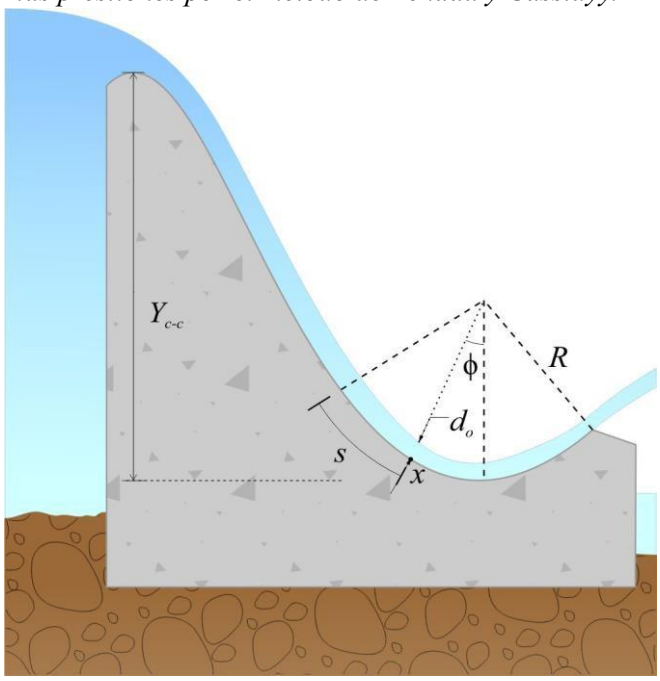
En términos prácticos, el marco teórico desarrollado por Lenau y Cassidy facilita la identificación de las variiables críticas en el diseño de cucharones y vertederos,

permitiendo a los ingenieros ajustar los parámetros geométricos y operativos para mejorar la eficiencia de las estructuras hidráulicas. La consideración del flujo como irrotacional e incompresible, junto con la minimización del impacto de la viscosidad, simplifica los cálculos y permite un análisis más directo del comportamiento del agua en las curvas del cucharón. Esta simplificación es especialmente útil en escenarios donde los caudales son elevados y las fuerzas inerciales predominan sobre los efectos viscosos.

Además, los resultados de este estudio pueden aplicarse en diversas infraestructuras hidráulicas, ya que las relaciones propuestas abarcan una amplia gama de configuraciones geométricas y condiciones de flujo. Por ejemplo, la relación entre CPH y la presión en el punto x proporciona información valiosa para optimizar la curvatura y la inclinación del cucharón, reduciendo las fuerzas no deseadas que podrían comprometer la estabilidad de la estructura.

Dibujo 35

Parámetros para determinar las presiiones por el método de Lenaau y Cassidyy.

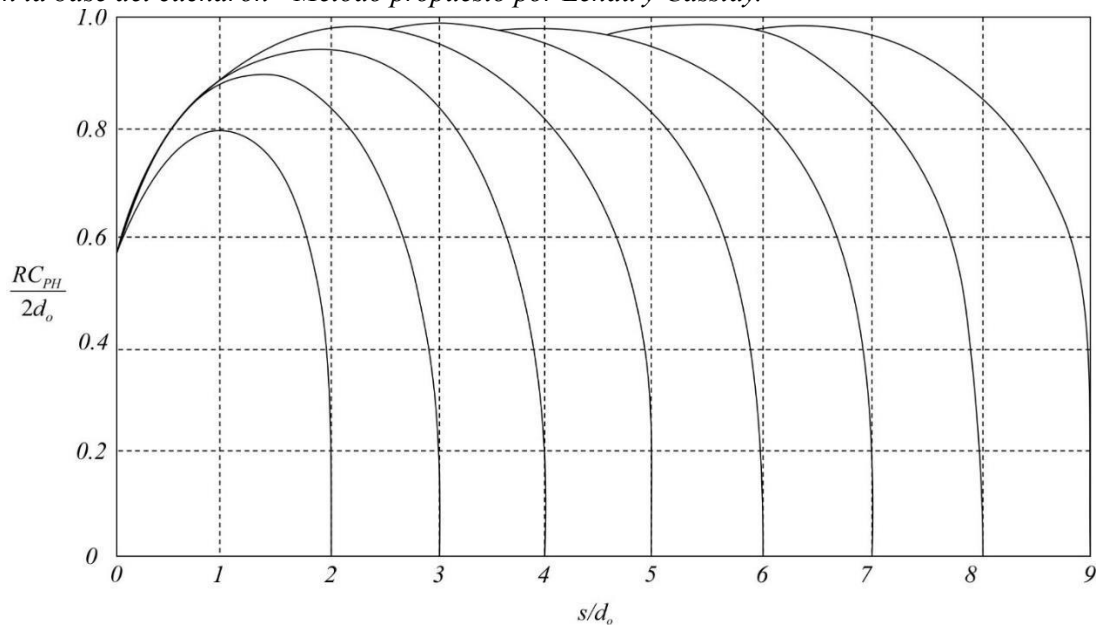


Referencia: Creación autónoma.

El enfoque planteado por Lenau y Cassidy se enfoca en calcular la relación entre la longitud del arco y el nivel de agua correspondiente en un punto específico dentro del cucharón, como se ilustra en la Figura 35.0. A partir de esta correlación, se generan curvas representadas en los dibujos 36.0 y 37.0, las cuales son útiles para establecer una conexión que permita calcular la presión en cada punto a lo largo del cucharón. Este método proporciona una herramienta eficaz para analizar cómo varían las fuerzas internas en el diseño hidráulico y mejorar la precisión en el análisis y las presiones en función de la geometría del cucharón y las condiciones del flujo, lo que es crucial para el diseño y la optimización de estructuras hidráulicas.

Dibujo 36

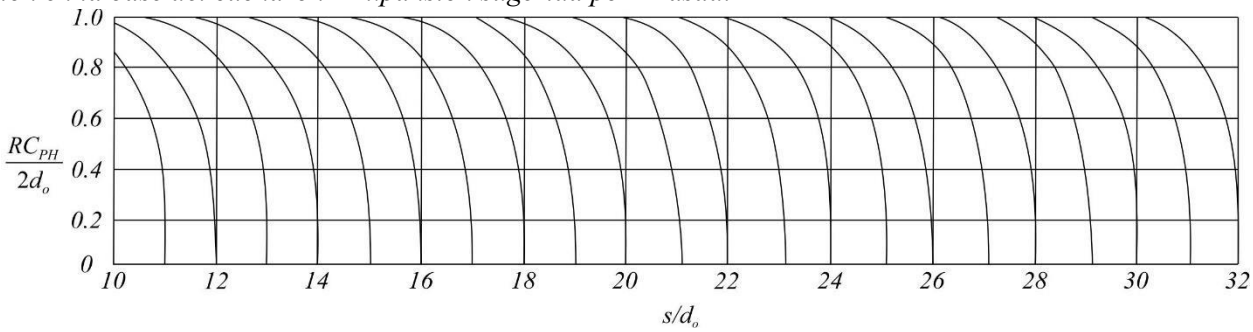
Presión en la base del cucharón - Método propuesto por Lenau y Cassidy.



Referencia: Lenau, C. W., & Cassidy, J. J. (1969). Flow through spillway flip bucket. Procs American Society of Civil Engineers, 6478.

Dibujo 37

Presión en la base del cucharón - Expansión sugerida por Prasad.



Referencia: Prasad, R. K. (1984). Pressure distribution on ski-jump buckets. Nueva Delhi.

- **United States Corps of Engineers publicado en el año de 1978**

$$\frac{hp}{H_x} = f\left[\frac{q}{R\sqrt{2gH_x}}, \frac{\beta_1}{\varphi_T}\right]$$

q: Caudal unitario (m²/s)

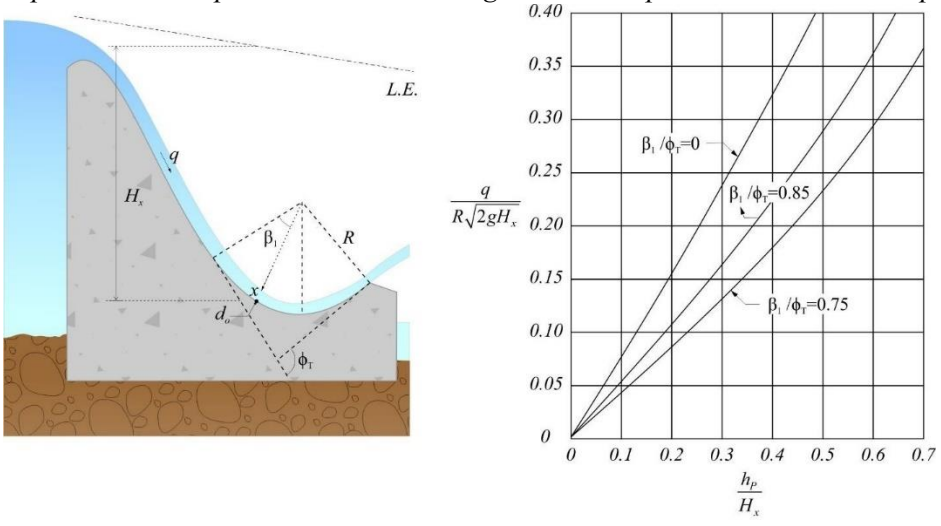
H_X: Carga de energy hasta el punto x en la base del cucharón (m)

R: Radio del cucharón (m)

β_1, Φ_T: (Consultar Fig. 38.0)

Dibujo 38

Se usa para hallar las presiones e salida de agua de la rampa - eskí determinadas por WES.



Referencia: Waterways Experiment Station, 1988, pág. HDC 112 7.

En el dibujo 38.0, se presenta un esquema en el lado izquierdo que ilustra las variiables relevantes para calcular las presiones en el cucharón. Este esquema incluye elementos fundamentales como el caudal, la carga de energy y el radio del cucharón, que son esenciales para entender cómo se distribuyen las presiones a lo largo de su superficie. Por otro lado, en el lado derecho de la Dibujo, se puede observar un gráfico que permite visualizar y determinar las presiones en distintos puntos del cucharón, facilitando así un análisis más detallado de su comportamiento hidráulico. Esta combinación de información gráfica y esquemática es crucial para el diseño y la optimización de los saltos de eskí, ya que proporciona una base sólida para comprender los efectos de las variiables en la presión del H2O sobre el cucharón.

- **Nuray Denli Tokyay – Mason publicado en el año de 1993**

$$\frac{hp_{max}}{d_o} = \frac{d_o}{R} {Fr_o}^2$$

$$Fr_o = \frac{q}{(g {d_o}^3)^{0.5}}$$

Donde:

d_o: Profundidad de aproximación (m)

Fr_o: Número de Frooude para el flujo de aproximación

R: Radio del cucharón (m)

q: Caudal específico (m^2/s)

- **Bureau of Indian Standards publicado en el año de 2010**

$$P = (\frac{{V_o}^2}{2g} + 1)\gamma d_o$$

$$P_{max} = f(V_o, R, d_o)$$

Dónde: V_o varia de 10 a 45 m/s,

R/d_o: se encuentra entre 4 y 10.

d_o: Profundidad de aproximación (m)

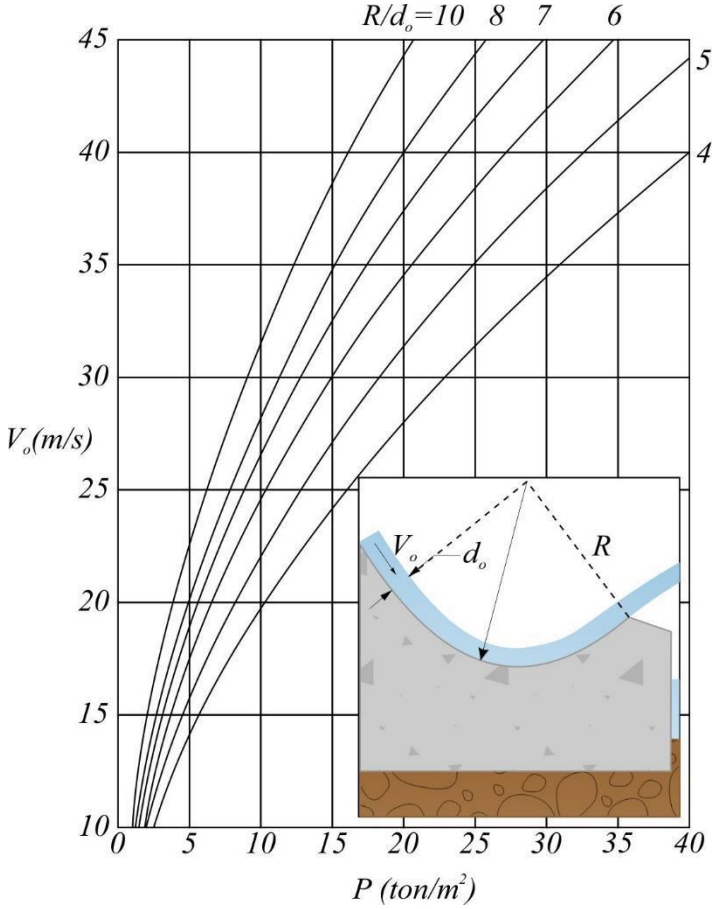
V_o: Velocidad promedio del flujo de aproximación (m/s)

R: Radio del cucharón (m)

γ: Peso específico del H2O (t/m³)

Dibujo 39

Se usa para hallar las presiones teoriicas de salida del agua - Método propuesto por Buureau off Indiian Standardss..



Referencia: Bureau of Indian Standards, Criteria for hydaulic design of bucket type Energy Dissipators, 2010, pág. 16.

El dibujo 39.0 muestra un gráfico desarrollado por el Bureau of Indian Standards, el cual se emplea para calcular la presión generada dentro del cucharón. Este gráfico se basa en dos variiables fundamentales: la velocidad del flujo y la relación entre el radio de curvatura del cucharón y el nivel de aproximación en el punto específico que se está

evaluando. Este enfoque permite una mejor comprensión del comportamiento hidrodinámico en el cucharón y facilita la evaluación de las condiciones operativas del sistema.

2.2.18.2.2. Velocidades en el aliviadero-vertedero.

- **Velocidad del flujo de entrada.**

El cálculo de la velocidad del flujo de entrada es un aspecto fundamental en el diseño de estructuras hidráulicas, especialmente cuando se trata de vertederos y cucharones de lanzamiento. La velocidad de aproximación del flujo proporciona información crítica que influye en la configuración de múltiples aspectos de la estructura, como el radio del cucharón, las presiones ejercidas y la estabilidad general del sistema. Esta información es clave para asegurar que el diseño sea eficiente, funcional y capaz de gestionar de manera segura los caudales bajo diversas condiciones operativas.

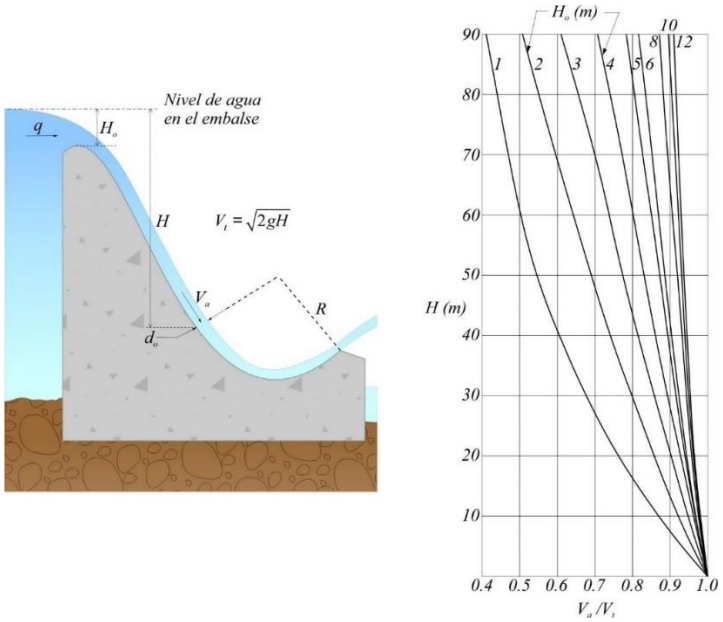
La correcta determinación de la velocidad de entrada no solo ayuda a definir el nivel de agua en la entrada de la estructura, sino que también tiene un impacto directo en la distribución de fuerzas y presiones a lo largo del cucharón. Al conocer la velocidad con la que el agua se aproxima a la estructura, se pueden realizar ajustes geométricos para optimizar la trayectoria del flujo y prevenir problemas como la cavitación, la cual se origina cuando se forman burbujas de vapor debido a presiones extremadamente bajas. La cavitación puede causar daños severos en las superficies del cucharón si no se maneja adecuadamente, por lo que es esencial lograr un diseño que minimice este riesgo.

Además, un cálculo preciso de la velocidad de aproximación permite mejorar el rendimiento hidráulico de la estructura y su operación en diferentes condiciones de caudal. Esto se debe a que una velocidad de entrada bien definida influye en el dimensionamiento del radio del cucharón, el cual debe estar diseñado para guiar el flujo

de agua de manera eficiente y segura. Un radio adecuado asegura una transición fluida del flujo desde la superficie libre hasta la curva del cucharón, evitando turbulencias excesivas y dispersando la energy de manera controlada.

Dibujo 40

Monograma para calcular la vel. de salida de agua aprox, según el Bureaau off Indiian Standardss.



Referencia: Bureau of Indian Standards, Criteria for hydaulic design of bucket type Energy Dissipators, 2010, pág. 9.

En el dibujo 40.0, se presentan las variiables necesarias para calcular la velocidad del flujo de entrada. En el lado izquierdo del dibujo, se identifican los parámetros clave para llevar a cabo este cálculo, mientras que en el lado derecho se muestra un gráfico que facilita la determinación de la velocidad tomando como referencia diferentes factores. Entre estos factores se incluyen la carga de agua sobre el vertedero, la velocidad teórica del flujo y la altura medida desde el punto de análisis hasta el nivel del embalse.

La carga de agua sobre el vertedero es un parámetro crucial que describe la cantidad de agua que fluye sobre la cresta del vertedero en un momento dado. La velocidad de entrada está estrechamente relacionada con esta carga, ya que una mayor carga de agua puede

aumentar la presión y la velocidad del flujo al entrar en el cucharón. Por ello, el diseño del vertedero debe considerar la carga máxima esperada para ajustar la geometría del cucharón y evitar fluctuaciones peligrosas en la velocidad y presión.

Por otro lado, la velocidad teórica del flujo se calcula con base en la energy potencial y cinética del agua a medida que se desplaza hacia la estructura. Esta velocidad teórica proporciona un punto de referencia inicial para comparar y ajustar las mediciones reales, lo cual es esencial para realizar calibraciones y validar los modelos de diseño. La velocidad teórica se determina utilizando fórmulas hidráulicas que toman en cuenta la altura del flujo y las condiciones de contorno de la estructura.

Finalmente, la altura medida desde el punto de análisis hasta el nivel del embalse es una variiable clave que influye en la aceleración del flujo a medida que se aproxima al cucharón. Esta altura determina la energy potencial disponible, la cual se convierte en energy cinética conforme el flujo desciende por la pendiente del vertedero. Al calcular la altura de entrada, los ingenieros pueden predecir con mayor precisión la velocidad del flujo y realizar ajustes en la estructura para optimizar la eficiencia y la seguridad.

- **Velocidad encima del cucharón.**

La velocidad del flujo encima del cucharón es un parámetro esencial para evaluar las fuerzas de presión que se generan dentro de esta estructura y su influencia en la disipación de energy mediante el salto hidráulico en configuraciones de rampa-esquí. Cuando el agua se desplaza sobre el cucharón, la energy potencial adquirida a lo largo del flujo se transforma progresivamente en energy cinética, lo que incrementa la velocidad del chorro a medida que recorre la superficie curva del cucharón. Esta conversión de

energy es un fenómeno fundamental para entender el comportamiento del flujo y sus implicaciones en la eficiencia hidráulica y estructural del sistema.

La energy potencial acumulada se traduce en un incremento de la velocidad a lo largo del cucharón, lo que se refleja en la forma y trayectoria del chorro cuando sale de la estructura. Esta velocidad es crucial para definir cómo se distribuyen las presiones a lo largo de la superficie del cucharón, ya que un flujo con una velocidad elevada puede generar presiones significativas que deben ser gestionadas de manera efectiva para evitar daños estructurales o problemas de cavitación.

Sotelo, en sus investigaciones, ha propuesto un conjunto de ecuaciones basadas en un enfoque de análisis de energy potencial. Estas ecuaciones permiten calcular las velocidades del flujo en diferentes secciones del cucharón, proporcionando una comprensión más detallada de cómo la energy se transforma y cómo se distribuyen las presiones en la estructura. La Figura 41.0 proporciona un gráfico que detalla las variiables involucradas en el cálculo de las velocidades, facilitando una visualización clara de cómo estas interactúan en el contexto del comportamiento del agua dentro del cucharón.

Las velocidades del flujo se pueden calcular utilizando las siguientes fórmulas:

$$v_e = \frac{q}{r_e \ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}$$

$$v_i = \frac{q}{r_i \ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}$$

En estas ecuaciones:

- **ve** se refiere a la velocidad del flujo en la parte externa del cucharón, donde el radio del flujo es mayor (re).

- **vi** indica la velocidad en la parte interna del cucharón, donde el radio es menor (ri).
- **q** representa el caudal unitario, que es la cantidad de agua que fluye por unidad de longitud.
- **re** y **ri** son los radios en las posiciones externas e internas del flujo en el cucharón, respectivamente, y definen la curvatura de la trayectoria del agua.

Estas fórmulas permiten evaluar cómo varían las velocidades del flujo a medida que el agua se desplaza desde la sección interna hacia la sección externa del cucharón. La relación logarítmica entre los radios indica que la velocidad del flujo no crece de manera lineal, sino que depende de la geometría del cucharón y de cómo se distribuye el caudal a lo largo de su superficie. Este enfoque matemático facilita un análisis más profundo de las dinámicas internas del flujo y de las presiones que se generan debido a la aceleración del chorro.

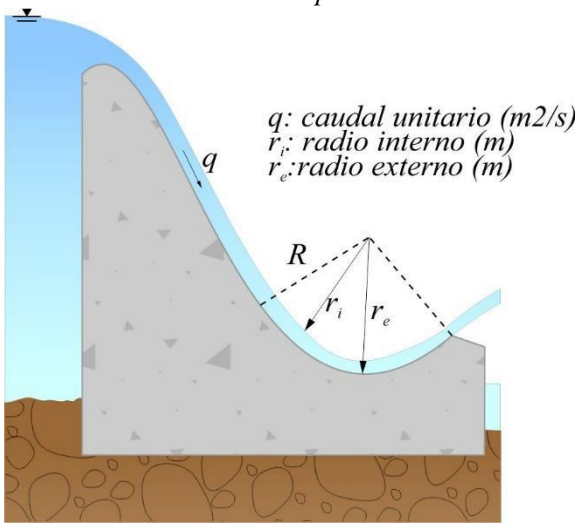
En términos de diseño, la velocidad encima del cucharón debe ser cuidadosamente evaluada para asegurar que las fuerzas de presión no excedan los límites de resistencia estructural del cucharón. Un aumento descontrolado en la velocidad puede generar un incremento de la presión, lo cual podría derivar en problemas de socavación, cavitación o incluso en la deformación del cucharón a largo plazo. Por lo tanto, es fundamental dimensionar adecuadamente los radios internos y externos, así como controlar la velocidad del flujo para garantizar una distribución equilibrada de las fuerzas y una disipación segura de la energy cinética.

Además, la Figura 41.0 proporciona una referencia visual que ayuda a identificar las variiables clave involucradas en el cálculo de la velocidad del flujo encima del cucharón. Este gráfico ilustra cómo la energy potencial del flujo se transforma en energy cinética y cómo esta transformación se traduce en cambios de velocidad a lo largo de la

superficie curva del cucharón. La representación gráfica es útil para comprender cómo las velocidades y las presiones interactúan, permitiendo ajustar el diseño de la estructura para mejorar su eficiencia y estabilidad.

Dibujo 41

Ilustración de variiables que ayudaran a determinar su rapidez – vel.



Referencia: Creación autónoma.

- **Velocidad de ingreso del chorro en la superficie del H2O (v_{ent}).**

La velocidad teórica del chorro al ingresar en la superficie del remanso, ubicado aguas abajo de la estructura final, puede determinarse utilizando la siguiente fórmula:

Esta velocidad es esencial para comprender cómo se comporta el chorro al interactuar con la superficie del agua, ya que influye en la dinámica del flujo y en el comportamiento de las presiones en el cucharón. Al analizar este aspecto, se pueden anticipar efectos como la formación de ondas superficiales y la posible erosión del cauce, lo cual puede ser crítico para el diseño y la estabilidad de la estructura hidráulica.

$$v_{ent} = \sqrt{v^2 + 2gz_o}$$

2.2.19. Estructura de una presa a escala: elementos constitutivos.

En esta sección se detallan las estructuras fundamentales que integran el cuerpo de la represa, que representa el elemento más crucial del proyecto, ya que es responsable de soportar el volumen de H2O y asegurar la estabilidad y seguridad de toda la edificación. A pesar de ser construida a escala, la represa debe mantener una relación estructural adecuada con sus componentes, que incluyen la cimentación, el núcleo impermeable y los taludes tanto de H2Os arriiba como de H2Os abajo.

Cada uno de estos elementos desempeña un papel específico en la gestión del H2O y en el mantenimiento de la estabilidad de la estructura frente a las diversas fuerzas hidráulicas y geotécnicas que pueden actuar sobre ella. Por ejemplo, la cimentación asegura una base sólida que distribuye las cargas, el núcleo impermeable evita filtraciones de H2O que podrían comprometer la integridad de la presa, y los taludes están diseñados para resistir la erosión y mantener el equilibrio estructural. La correcta interacción de estos componentes es esencial para la funcionalidad y la durabilidad de la represa, asegurando que cumpla con su propósito de almacenar y controlar el flujo de H2O de manera eficiente y segura.

2.2.20. Estructura de soporte

2.2.20.1. Estructura de soporte: fundamentos y estabilidad

La estructura de soporte de una represa incluye los elementos que proporcionan estabilidad y resistencia frente a las fuerzas ejercidas por el H2O embalsada. A continuación, se detallan los componentes principales que forman esta estructura:

2.2.20.1.1. Cimentación

La cimentación es la base sobre la que descansa toda la estructura de la represa. En una represa a escala, el diseño de la cimentación debe reproducir las condiciones que permitirán la transferencia efectiva de las cargas hacia el terreno.

- **Cimentación en roca**

Cuando la cimentación de una represa está asentada sobre roca, es crucial asegurar que la superficie sea sólida y homogénea. Las represas más estables se asientan en roca firme, lo que evita asentamientos diferenciales y mejora la resistencia ante las presiones del H2O.

- **Cimentación en suelos sueltos**

Si la cimentación se realiza sobre suelos, deben emplearse técnicas de mejoramiento del terreno como la compactación o la inyección de lechadas para aumentar la capacidad portante del suelo. A escala, la estabilidad de la cimentación puede asegurarse utilizando una base de materiales compactados y homogéneos.

2.2.20.1.2. Núcleo impermeable

El núcleo impermeable es una parte crucial del diseño del cuerpo de la represa, ya que evita la filtración de H2O a través de la estructura. En una represa a escala, el núcleo debe simular las propiedades impermeables y de contención que tienen las represas a tamaño real.

- **Materiales utilizados:**

En la mayoría de las represas a gran escala, se utilizan materiales de bajo coeficiente de permeabilidad, como arcilla o betón, para conformar el núcleo impermeable. En una construcción a escala, se pueden utilizar arcillas finas compactadas o selladores sintéticos que simulen este comportamiento. El núcleo se sitúa en el centro de la estructura y está flanqueado por los taludes de la represa.

- **Funciones:**

La función principal del núcleo es reducir al máximo las filtraciones de H2O desde el embalse hacia el exterior. En modelos a escala, este núcleo debe representar las barreras

físicas que existen en represas a gran escala, ya que cualquier filtración comprometería la estabilidad del cuerpo de la represa.

2.2.20.1.3. Taludes de H2Os arriiba y H2Os abajo

Los taludes son las superficies inclinadas que forman las caras del cuerpo de la represa. El talud de H2Os arriiba está en contacto directo con el embalse, mientras que el de H2Os abajo proporciona estabilidad estructural y controla las filtraciones.

- **Talud de H2Os arriiba**

Esta cara está expuesta al H2O del embalse y su pendiente depende del tipo de represa y del material con el que se construya. En represas de hormigón, el talud suele ser más vertical que en represas de materiales sueltos. Para el modelo a escala, es importante mantener una pendiente adecuada que permita la estabilidad del embalse sin comprometer la integridad estructural.

- **Talud de H2Os abajo**

El talud de H2Os abajo proporciona la resistencia adicional necesaria para evitar que la represa se deslice o colapse debido a la presión ejercida por el H2O. La estabilidad de este talud es crucial para evitar fallos estructurales. En una represa a escala, este talud debe ser más amplio y con menor pendiente para proporcionar mayor estabilidad.

2.2.20.1.4. Contrafuertes o refuerzos estructurales

En algunas represas, especialmente las represas de concreto, se utilizan contrafuertes para proporcionar apoyo adicional a la estructura. Estos contrafuertes se colocan perpendiculares al flujo de H2O y ayudan a distribuir las cargas ejercidas por el embalse.

- **Uso en la represa a escala**

Para una construcción a escala 1/100, es posible simular los contrafuertes mediante columnas o placas de soporte que proporcionen rigidez a la estructura. Estos

refuerzos adicionales pueden construirse con concreto o acero, dependiendo de las necesidades estructurales del modelo.

2.2.20.1.5. Zonas de transición

Las zonas de transición son aquellas áreas de la represa que están compuestas por materiales que gradualmente cambian de un tipo a otro, proporcionando una barrera para las filtraciones. En represas reales, se suelen utilizar gravas o arenas compactadas para estas zonas.

- **Escala reducida**

En el modelo a escala, se puede utilizar una combinación de gravas y materiales finos compactados para asegurar que estas zonas de transición simulen el comportamiento de filtración y drenaje de una represa real.

2.2.20.1.6. Drenaje interno

El sistema de drenaje interno de una represa está diseñado para recoger el H2O que se infiltra a través de la estructura y devolverla al río o al embalse. Esto reduce la presión hidrostática dentro de la represa y aumenta su estabilidad.

- **Materiales y técnicas**

A escala, es fundamental diseñar un sistema de drenaje que imite el comportamiento del drenaje real. Se pueden utilizar materiales como grava y arena para simular los sistemas de drenaje en el talud de H2Os abajo, asegurando que el H2O infiltrada se corredorice adecuadamente fuera de la estructura.

2.2.20.1.7. Cubierta o revestimiento

El revestimiento del cuerpo de la represa, especialmente en su zona elevada, proporciona una capa de protección contra la erosión y otros fenómenos ambientales. En represas a tamaño real, se utilizan revestimientos de concreto o asfalto para evitar la erosión del viento y del H2O.

- **Aplicación a escala**

En una represa a escala, se pueden utilizar revestimientos de concreto delgados o materiales plásticos para representar esta capa protectora. Es esencial garantizar que el revestimiento sea lo suficientemente resistente para evitar el desgaste, especialmente si el modelo va a ser utilizado en experimentos con flujo de H2O real.

- **Resistencia a cargas dinámicas**

El cuerpo de la represa no solo debe ser capaz de resistir las cargas estáticas del H2O embalsada, sino también las cargas dinámicas provocadas por factores externos como terremotos o cambios repentinos en el nivel del H2O. Aunque en una construcción a escala no se replican directamente estos fenómenos, se debe tener en cuenta su representación al elegir materiales que puedan absorber vibraciones o pequeñas oscilaciones.

2.2.20.1.8. Juntas de expansión

En represas de concreto a tamaño real, las juntas de expansión permiten que la estructura se expanda o contraiga con los cambios de temperatura sin agrietarse. En una represa a escala, este concepto puede simularse utilizando materiales flexibles o selladores de goma entre las secciones del cuerpo de la represa para absorber estas pequeñas deformaciones.

2.2.20.2. Materiales utilizados para la construcción de la represa a escala

La elección de los materiales en la construcción de una represa a escala es crucial para simular de manera efectiva las propiedades físicas y estructurales de una represa a tamaño real. En el contexto de una construcción a escala 1/100, es fundamental seleccionar materiales que proporcionen un equilibrio entre realismo, factibilidad técnica y costos. Para ello, se debe considerar el comportamiento mecánico y químico de los

materiales cuando son reducidos a menor escala, sin comprometer la integridad estructural o hidráulica.

2.2.20.2.1. Concreto

- **Características generales**

El concreto es el material más utilizado en la construcción de represas reales, y en este contexto a escala se elige por su resistencia a la compresión, versatilidad y capacidad de moldeo. El concreto está compuesto principalmente de cemento, agregados (arena, grava) y H2O, con la opción de utilizar aditivos para mejorar sus propiedades según las necesidades del proyecto.

En una construcción a escala, es esencial reproducir estas propiedades, lo cual requiere un ajuste en la proporción de los componentes para adaptarse a las restricciones de tamaño y carga.

- **Adaptación a escala**

En una represa a escala 1/100, es necesario reducir las diimensiones sin comprometer la resistencia estructural del concreto. El uso de concreto de baja densidad o concreto con aditivos puede ser una solución para lograr la relación resistencia/peso adecuada. Además, el comportamiento del concreto en pequeños volúmenes debe tener en cuenta la variación en las propiedades del frH2Odo, secado y resistencia. Esto significa que, a menor escala, el microfisurado del concreto puede ser más crítico, lo que requiere el uso de superplastificantes y otros aditivos que mejoren la cohesión y durabilidad a largo plazo.

- **Propiedades mecánicas**

Las propiedades mecánicas del concreto, como su resistencia a la compresión, modulo de elasticidad y tensión de rotura, pueden variar en función de los componentes y el tratamiento que se le dé a la mezcla durante su elaboración a pequeña escala.

- Resistencia a la compresión

En una escala reducida, el concreto debe simular una resistencia similar a la de una represa de tamaño real, por lo que es recomendable utilizar una mezcla que simule la clase de concreto más resistente, como un concreto de alta resistencia (HRC) con resistencia a compresión de 35 a 50 MPa.

- Porosidad y durabilidad

Debido a la reducción en tamaño, la porosidad del concreto puede ser mayor, lo que implica un mayor riesgo de infiltración de H2O. Para mitigar este efecto, se pueden emplear técnicas de impermeabilización o tratamientos con aditivos repelentes al H2O para garantizar que la estructura no pierda funcionalidad.

- **Aditivos**

En proyectos a escala, los aditivos juegan un papel esencial en la modificación de las propiedades del concreto para adecuarlo al tamaño y necesidades específicas:

- Superplastificantes

Mejoran la trabajabilidad de la mezcla, permitiendo mayor fluidez sin incrementar el H2O en la mezcla, lo cual es crucial en moldes pequeños y detallados.

- Retardadores de frH2Odo

Utilizados para prolongar el tiempo de trabajo en la mezcla, algo esencial cuando se construyen pequeños volúmenes donde la aplicación debe ser precisa y controlada.

- Acelerantes de frH2Odo

Útiles en climas fríos o donde se requiere reducir los tiempos de ejecución, lo cual puede ser relevante en maquetas o estructuras a escala para acortar el proceso de construcción sin sacrificar la calidad.

2.2.20.2.2. Acero de refuerzo

- **Uso y justificación**

El uso de acero de refuerzo en la construcción de represas reales es indispensable para soportar las tensiones generadas por las cargas de H2O, especialmente en zonas críticas del cuerpo de la represa, como las bases y las uniones entre estructuras. En el caso de una construcción a escala, el uso de acero en miniatura o simulaciones de refuerzos es necesario para replicar el comportamiento estructural y la integridad de la represa frente a cargas hidrostáticas.

- **Escalabilidad y comportamiento**

El acero debe ser seleccionado en función de su resistencia a la tensión y ductilidad, que permite soportar las deformaciones sin comprometer la estabilidad estructural. En construcciones a escala, se pueden utilizar barras de acero de menor diámetro o incluso materiales alternativos, como varillas de fibra de vidrio, que tienen una alta relación resistencia/peso y son menos propensas a la corrosión.

  - Barras de refuerzo:

Las barras de acero se deben reducir en tamaño para adaptarse al modelo 1/100, pero se debe preservar su disposición de acuerdo con las normas de construcción a escala real.

- **Ventajas y desventajas**

  - Ventajas:

Aporta resistencia a las tensiones, aumenta la capacidad estructural del concreto y mejora la durabilidad en zonas críticas.

  - Desventajas:

El acero es susceptible a la corrosión si no se trata adecuadamente, especialmente en ambientes húmedos, lo que puede ser más crítico en una estructura pequeña sin un recubrimiento adecuado.

2.2.20.2.3. Impermeabilización

- **Importancia en el diseño a escala**

La impermeabilización es un aspecto crítico en cualquier construcción de represa, ya que previene filtraciones y asegura la estabilidad a largo plazo. En una construcción a escala, la filtración de H2O puede comprometer tanto la funcionalidad de la represa como la durabilidad de la estructura. Por lo tanto, es vital aplicar una capa impermeabilizante que simule el comportamiento de una represa a tamaño real.

- **Materiales y técnicas**
    - Geomembranas

Aunque menos comunes a escala pequeña, el uso de geomembranas sintéticas (como PVC o HDPE) puede ser factible para impermeabilizar superficies críticas en la represa.

    - Selladores líquidos

En una escala pequeña, se pueden utilizar recubrimientos impermeabilizantes basados en resinas epóxicas, que se aplican como capas delgadas en las paredes internas de la represa, creando una barrera impermeable.

2.2.20.2.4. Otros materiales complementarios

En una construcción a escala 1/100, también se pueden utilizar otros materiales complementarios, como resinas plásticas, madera (para modelos temporales), o incluso materiales compuestos, que ayudan a simular estructuras pequeñas sin el peso ni el costo del concreto.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

- **Hipótesis Descriptiva:** El área disponible de 720.86 m² donde se realizará el montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil cumple con las características técnicas necesarias para su instalación efectiva.
- **Hipótesis Correlacional:** Existe una relación positiva entre la calidad de las especificaciones técnicas de los equipos hidrométricos y la precisión de los análisis de modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica.

2.3.2. Hipótesis Específicas

- El área de terreno de 720.86 m² cumple con las características técnicas para el montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica.
- Las especificaciones técnicas de los equipos e instrumentos hidrométricos cumplen con la normativa nacional e internacional para la tesis en ingeniería hidráulica.

2.4. Variiables

2.3.3. Identificación de variiables

- **Descriptivo**: Variiables de estudio que se medirán.
- **Correlacional**: Variiables de estudio que se medirán.

- **Explicativo:**
  - Variiable Independiente: Características del área de terreno.
  - Variiable Dependiente: Adecuación del área de terreno para el montaje de sistemas de modelamiento hidráulico.
  - Variiable Interviniente: Normativa nacional e internacional.

2.3.4. Matriz de Operacionalización de variiables

MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA TESIS DE INVESTIGACION

AUTORES: VICTOR ERNESTO HANCCO PALOMINO
MARIO ISAAC CHULLO FRANCO

TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES y = f(x)	INDICADORES	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
"SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, 2024"	**PROBLEMA GENERAL** ¿Cómo debe ser la instalación y montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, 2024?	**OBJETIVO GENERAL:** Desarrollar e implementar un sistema de modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, 2024, cumpliendo con las especificaciones técnicas necesarias.	**HIPOTESIS PRINCIPAL:** El área disponible de 720.86 m² donde se realizará el montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil cumple con las características técnicas necesarias para su instalación efectiva.	**VARIABLE DEPENDIENTE (y):** — Adecuación del área de terreno para el montaje de sistemas de modelamiento hidráulico	a) Área de terreno libre disponible (m²)	1. Recolección de datos (características del terreno) mediante fichas de recolección.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS:		**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**	**HIPOTESIS ESPECÍFICAS:**	**VARIABLE INDEPENDIENTE (x):**		
a) ¿Qué características debe tener el área de terreno para el montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la facultad de Ingeniería Civil, 2024?		Establecer las características del área de terreno para el montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, 2024.	El área disponible de 720.86 m² cumple con las características técnicas necesarias para el montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico.	— Área de terreno.	a) Área de terreno libre disponible (m²)	1. Recolección de datos mediante fichas de recolección.
b) ¿Cuáles deben ser las especificaciones técnicas que deben tener los equipos e instrumentos hidrométricos para el análisis del modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la facultad de Ingeniería Civil, 2024?		Desarrollar las especificaciones técnicas para la instalación de los equipos e instrumentos hidrométricos para el análisis del modelamiento hidráulico en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, 2024.	La instalación de los equipos e instrumentos hidrométricos cumple con la normativa nacional e internacional para la investigación en ingeniería hidráulica.	— Especificaciones técnicas de equipos e instrumentos.	b) Cumplimiento de especificaciones técnicas de equipos e instrumentos. c) Planos y especificaciones técnicas del terreno d) Manuales y fichas técnicas de los equipos e) Informe de validación técnica de los equipos instalados	2. Análisis de normativas nacionales e internacionales. 3. Validación técnica por expertos. 4. Ensayos y pruebas de los equipos. 5. Juicio de expertos.

2.4. Definición de términos básicos

- **Terreno**: Superficie disponible en metros cuadrados para la instalación del laboratorio.
- **Especificaciones técnicas**: Conjunto de características técnicas que deben cumplir los equipos hidrométricos para garantizar precisión y fiabilidad en los experimentos.
- **Modelamiento hidráulico**: Simulación de fenómenos hidráulicos mediante modelos físicos o computacionales.
- **Hidrometría**: Ciencia que se ocupa de la medición de las propiedades físicas del H2O, como caudal y nivel.

2.5. Explicación de la Matriz

- **Título:** Describe el contexto y el objetivo del estudio.
- **Formulación del Problema General:** Plantea la pregunta central de la tesis.
- **Objetivo General:** Describe el propósito principal del estudio.
- **Hipótesis Principal:** Propone una afirmación general que se espera verificar o refutar con el estudio.
- **Variiable Dependiente (y):** Indica el fenómeno que se estudiará o medirá.
- **Problemas Específicos:** Enumeran los problemas concretos que se abordarán en el estudio.
- **Objetivos Específicos:** Detallan los logros específicos que se esperan alcanzar.
- **Hipótesis Específicas:** Afirmaciones específicas relacionadas con cada problema específico.
- **Variiable Independiente (x):** Factores o variiables que se manipularán o estudiarán en relación con la variiable dependiente.
- **Indicadores:** Muestran cómo se medirán o evaluarán las variiables.

- **Diseño de la Tesis:** Descripción breve del enfoque metodológico o del diseño de la tesis.

Esta matriz organiza de manera sistemática los componentes esenciales del estudio sobre sistemas de modelamiento hidráulico en el laboratorio en mención, proporcionando una guía clara para el desarrollo y la ejecución del proyecto.

CAPÍTULO 3: MÉTODO

3.1. Enfoque de la tesis

El enfoque adoptado en esta tesis se caracteriza por ser cuantitativo, debido a que se centra en el procesamiento riguroso de información medida y calculada en términos numéricos. La tesis se basa en el análisis de datos cuantificables, como el área disponible de 720.86 m², empleando métodos sistemáticos y secuenciales para medir, calcular y analizar los resultados obtenidos. Este enfoque asegura un desarrollo coherente que abarca desde la definición del problema, los objetivos y las variiables, hasta la formulación del marco teórico y la validación de la hipótesis planteada a lo largo del estudio.

- Procesa información cuantitativa (área de 720.86 m2), la cual es medida, calculada y procesada de manera secuencial.
- Contiene el problema, objetivos, variiables, marco teórico e hipótesis que se demuestran en el desarrollo de la tesis.

3.2. Alcance de Tesis

El alcance de este estudio es de tipo correlacional, ya que se busca explorar la relación entre dos factores relevantes en el diseño y operación del laboratorio de hidráulica. En primer lugar, se examina cómo el área física disponible puede influir en la capacidad de implementar sistemas de modelado hidráulico, analizando de qué manera el espacio afecta la funcionalidad y eficiencia operativa del laboratorio. Además, se estudia la correlación entre las especificaciones técnicas de los equipos hidrométricos y la precisión de los análisis de modelado, evaluando el impacto de características como la sensibilidad, calibración y resolución de los instrumentos en la calidad de los datos obtenidos.

Además, se analizará la relación entre las especificaciones técnicas de los equipos hidrométricos y su efecto en la precisión de los análisis de modelamiento hidráulico. Este examen tiene como objetivo identificar de qué manera las características técnicas, como la sensibilidad, la calibración y la resolución de los instrumentos, afectan la calidad de los datos obtenidos durante el modelado.

Una adecuada correlación entre las especificaciones del equipo y los requerimientos del análisis es crucial, ya que cualquier deficiencia en los instrumentos puede llevar a resultados imprecisos que, a su vez, pueden afectar las decisiones de diseño y operación en proyectos hidráulicos. Por ejemplo, un equipo con una baja precisión podría subestimar o sobrestimar caudales y presiones, lo que podría resultar en un diseño inadecuado de estructuras como represas, corredores y sistemas de drenaje.

Asimismo, este análisis no solo se centrará en la influencia de las especificaciones en la exactitud de los resultados, sino que también considerará el costo y la disponibilidad de estos equipos, así como la necesidad de formación y mantenimiento para asegurar su funcionamiento óptimo. En última instancia, la tesis buscará establecer un marco de referencia que vincule las especificaciones técnicas con la efectividad del modelamiento hidráulico, promoviendo prácticas más efectivas y eficientes en la ingeniería hidráulica.

3.3. Diseño de la Tesis

El diseño de tesis utilizado es de tipo no experimental, lo que implica que no se realizará una manipulación intencionada de las variiables de estudio. En su lugar, se procederá a recopilar información mediante fichas técnicas y estudios preliminares del área disponible, utilizando datos reales del terreno. Con esta información, se buscará desarrollar un diseño óptimo del laboratorio de hidráulica, considerando las condiciones del sitio y los requerimientos específicos del proyecto. Este enfoque permite mantener la objetividad y la

fiabilidad en el análisis de los datos, garantizando un diseño fundamentado en evidencias y mediciones objetivas.

3.4. Unidad de Análisis

La unidad de análisis para este estudio corresponde al área física dentro de la Facultad de Ingeniería Civil que cumple con los criterios establecidos para la instalación del laboratorio de hidráulica. La selección de esta unidad de estudio se justifica en su viabilidad para albergar los sistemas de modelado hidráulico, siendo esencial evaluar sus características y condiciones para asegurar el éxito del proyecto..

3.5. Población de Estudio

La población analizada en este estudio se compone de un área total de 720.86 m² ubicada dentro de la Facultad de Ingeniería Civil. Este espacio se considera adecuado para la implementación del laboratorio de hidráulica, por lo que se ha definido como la población de interés. Dentro de este espacio, se identifican diferentes unidades de análisis específicas que cumplen con los requisitos técnicos y funcionales para la instalación del laboratorio.

3.6. Selección de Muestra

La muestra seleccionada para el estudio se compone del área total de 720.86 m² disponible en la Facultad de Ingeniería Civil de la UNSAAC. Esta muestra se evaluó en función de su idoneidad técnica y funcional para la instalación de un laboratorio de hidráulica, considerando factores como la distribución del terreno, el relieve y los requerimientos de espacio para los equipos.

3.7. Tamaño de la Muestra

El tamaño de la muestra está definido por las áreas específicas dentro del total de 720.86 m², las cuales fueron evaluadas y seleccionadas por cumplir con los criterios técnicos y funcionales requeridos para la implementación del laboratorio de hidráulica.

3.8. Técnicas de Recolección de Información

Para la recolección de información sobre las áreas específicas dentro de los 720.86 m² disponibles, se llevó a cabo un levantamiento geodésico y topográfico utilizando una combinación de herramientas tecnológicas. Entre las herramientas empleadas se encuentran drones, estaciones totales, sistemas de GPS diferencial y equipos de nivelación de alta precisión. Estos instrumentos permitieron medir con exactitud las distancias, ángulos y alturas del terreno, garantizando una representación precisa de las características del área evaluada.

Los datos recopilados fueron procesados utilizando software especializado como AutoCAD Civil 3D, lo que permitió generar planos detallados que ilustran la distribución, límites y características del relieve del terreno. Este enfoque asegura que cada espacio sea representado con precisión, proporcionando una base confiable para la planificación y diseño del laboratorio de hidráulica, y permitiendo una toma de decisiones informada y fundamentada en datos precisos.

3.9. Técnicas de Análisis e Interpretación de Datos

3.9.1. Descripción en el ámbito de la zona de estudio,

El la zona y ambiente de estudio donde se lleva a cabo la evaluación comprende un área disponible de 720.86 m², correspondiente al laboratorio de hidráulica, adyacente al actual laboratorio de hidráulica.

3.9.1.1. Ubicación Geográfica y política.

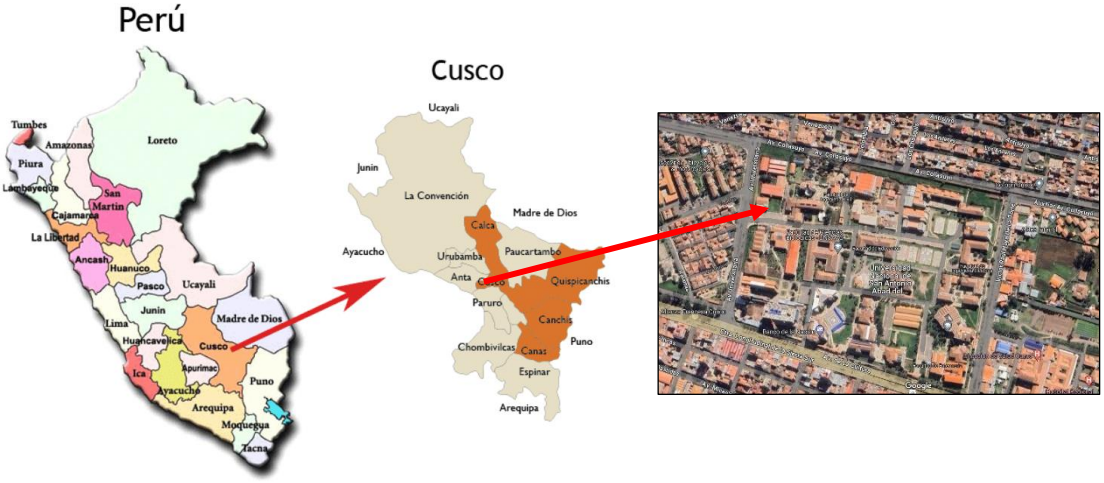
El terreno seleccionado para el diseño arquitectónico del edificio que albergará los laboratorios de hidráulica está situado en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Este espacio se encuentra en una área urbana de Cusco, específicamente en el distrito y ciudad de Cusco, que forma parte de la región del mismo nombre.

La ubicación del proyecto es estratégica, ya que se integra dentro de un entorno académico que fomenta la colaboración entre diferentes disciplinas, permitiendo que estudiantes e investigadores tengan fácil acceso a los recursos y servicios de la universidad. Además, al estar en el corazón de la ciudad de Cusco, el edificio no solo beneficiará a la comunidad universitaria, sino que también podrá interactuar con la población local, promoviendo actividades educativas y de divulgación en temas relacionados con la hidráulica y la ingeniería civil.

El diseño del edificio deberá considerar no solo la funcionalidad y la eficiencia en el uso de los espacios, sino también la estética y el respeto por el entorno urbano, garantizando que el nuevo laboratorio se integre de manera armónica en el paisaje de Cusco, una ciudad rica en historia y cultura. Además, se deberá contemplar el acceso adecuado para estudiantes, profesores e investigadores, asegurando que todos puedan beneficiarse de las instalaciones y equipos de última generación que se prevé incluir en el nuevo laboratorio de hidráulica.

Dibujo 42

Mapa de ubicación del distrito Cusco



DESCRIPCIÓN	DETALLE
Ubicación	En el departamento de la sierra en la serranía de cusco, al sureste de la capital del Perú.
Posición geográfica	Este se encuentra en las cooordenadas geográficas: 13° 31' de latitud sur y 71° 58' de longitud oeste de los meridianos de greenguish.
Altitud respecto nivel del mar	Ubicada a una altura con repecto al mar de 3,399 metros sobre el nivel del mar.

Referencia: Creación autónoma

Dibujo 43

Localización de la ciudad universitaria en Cusco.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 44

Localización del terreno en el interior de la ciudad universitaria.



Referencia: Creación autónoma

3.9.1.2. Características topográficas del terreno

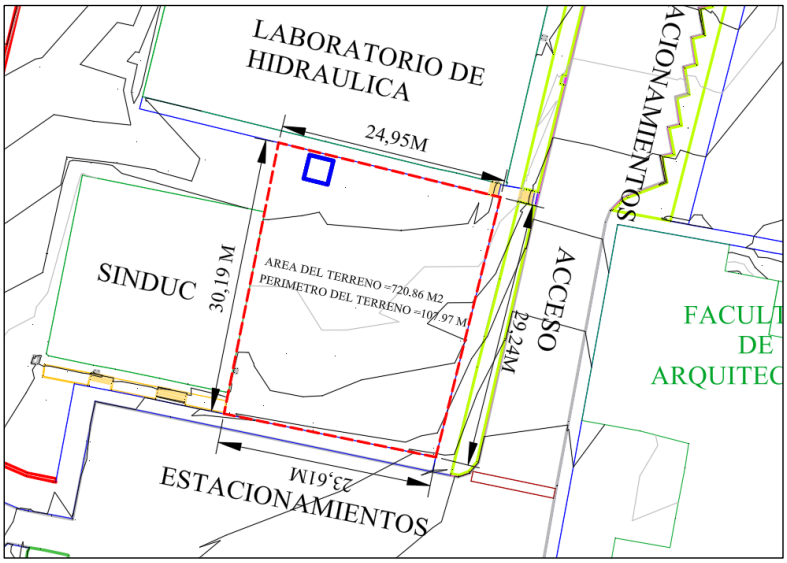
De acuerdo con el plano topográfico del área, el terreno presenta un desnivel de 0.5 metros, comenzando desde una elevación de 3080 metros en el lado de la calle frontal. Este desnivel se incrementa hasta alcanzar la cota de 3084 metros, lo que resulta en una pendiente del 4.5%. Este aspecto de la topografía será objeto de un análisis detallado, ya que se puede aprovechar para optimizar el diseño arquitectónico del edificio destinado a los laboratorios.

El área total del terreno es de 720.86 metros cuadrados, con un perímetro de 108.0 metros lineales. Estos datos son cruciales para el desarrollo del proyecto, ya que influirán en la planificación del espacio, la distribución de los diferentes componentes del edificio y la adecuación de los accesos, garantizando así una integración efectiva con el entorno y un uso eficiente de los recursos disponibles. Además, la pendiente natural del terreno puede facilitar

el drenaje, lo que es un factor importante a considerar en la construcción de estructuras relacionadas con la hidráulica.

Dibujo 45

Mapa topográfico y perimetral.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 46

Perfil topográfico



Referencia: Creación autónoma

El terreno seleccionado en la actualidad se utiliza como un área para la extracción de muestras de calicatas, que son fundamentales para realizar ensayos geotécnicos en la Facultad de Ingeniería Civil. Esta actividad permite evaluar las características del suelo y su comportamiento bajo diversas condiciones. En particular, se observa que las pendientes más pronunciadas se localizan en la parte posterior del terreno, cerca del laboratorio de hidráulica. Este aspecto topográfico es importante, ya que puede influir en el diseño del nuevo edificio, considerando factores como el drenaje y la estabilidad del terreno. La variación en la pendiente

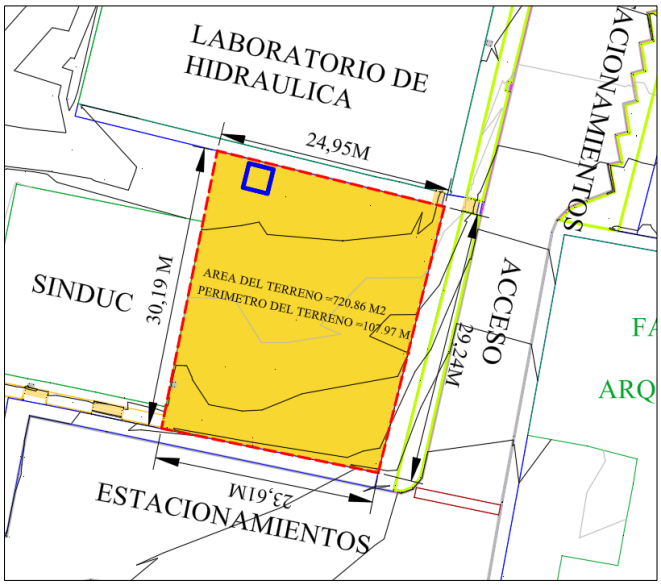
también puede proporcionar oportunidades para la creación de espacios funcionales y estéticamente agradables en el diseño arquitectónico.

3.9.1.3. 4.3.3. Forma o configuración del terreno

La configuración del terreno presenta un rectángulo irregular, con diimensiones específicas en cada uno de sus lados. A continuación se detallan las medidas y colindancias del terreno:

- **Frente (Lado Oeste):** Este lado limita con el SINDUC y se extiende en una línea recta de 30.19 metros lineales (ml).
- **Lado derecgo (Lado Norte):** En esta sección, el terreno colinda con el laboratorio de hidráulica, teniendo una longitud de 24.95 ml en un solo tramo.
- **Lado izquierda (Lado Sur):** Este lado da hacia la calle de ingreso N° 6, con una medida de 23.61 ml en un único tramo.
- **Fondo (Lado Este):** Finalmente, en la parte posterior, el terreno se encuentra limitado por una calle adyacente a la facultad de Arquitectura, con una longitud de 29.24 ml en línea recta.

Dibujo 47
La morfología del área del proyecto



Referencia: Creación autónoma

3.9.2. Metodología del trabajo.

3.9.2.1. Revisión y Análisis Preliminar

- Revisión del sílabo de Ingeniería Civil: Se analizará el contenido académico del sílabo relacionado con hidráulica para asegurar que el sistema de modelamiento a desarrollar cumpla con los objetivos formativos y técnicos necesarios.
- Determinación del modelo hidráulico: Se seleccionará un modelo representativo para la presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí a escala 1/100, definiendo las características técnicas de cada componente, como el aliviadero y la estructura principal de la presa.

3.9.2.2. Diseño Técnico

- **Diseño del aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí:**
  - Diseño estructural: Se realizará el diseño estructural del aliviadero, teniendo en cuenta la geometría necesaria para la disipación de energy y la estabilidad hidráulica.
  - Análisis hidráulico: Se emplearán ecuaciones y modelos teóricos, como el número de Frooude, para analizar el comportamiento del flujo sobre el aliviadero, evaluando la eficiencia y la capacidad de descarga.
- **Diseño del cuerpo de la presa:**
  - Análisis estructural: Se determinará la resistencia del cuerpo de la presa frente a las presiones hidrostáticas y los factores de carga, considerando el diseño en función de la estabilidad de la estructura.

- Análisis de materiales: Se evaluarán los materiales más adecuados, como concreto y acero, verificando su durabilidad y capacidad para soportar las cargas a escala.

3.9.2.3. Modelado 3D

- Modelado tridimensional: Utilizando software especializado (AutoCAD, Revit o similar), se creará un modelo 3D de la presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí. Este modelo incluirá detalles estructurales y permitirá visualizar la interacción entre el flujo de H2O y los componentes físicos de la presa.

3.9.2.4. Proceso Constructivo

- **Proceso constructivo del aliviadero:**
  - Se identificarán las técnicas constructivas más eficientes para fabricar el aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí a escala, prestando especial atención a la precisión de los detalles.
  - Montaje del aliviadero: Se definirá el procedimiento de ensamblaje y colocación del aliviadero sobre la estructura de la presa, asegurando una correcta alineación y funcionalidad hidráulica.
- **Proceso constructivo del cuerpo de la presa:**
  - Se elaborarán los pasos para la fabricación y montaje del cuerpo principal de la presa, considerando aspectos como el vaciado de concreto a escala y el ensamblaje de los componentes estructurales.

3.9.2.5. Estudios Básicos del Área de Terreno

- **Estudio Geodésico:**

Se realizará un levantamiento geodésico para establecer un sistema de referencia global del área. Mediante GPS diferencial y estaciones totales, se definirán cooordenadas exactas de los puntos clave del terreno, asegurando una georreferenciación precisa.

- **Estudio Topográfico:**

Se levantará un plano topográfico detallado del área, identificando el relieve, pendientes y límites exactos del terreno. Se utilizarán herramientas como estaciones totales y software de topografía como AutoCAD Civil 3D.

- **Estudio geotécnico:**

El estudio geotecnico es una etapa fundamental en el desarrollo de proyectos de infraestructura, ya que permite evaluar las propiedades físicas y mecánicas del terreno para asegurar la estabilidad y seguridad de las estructuras que se van a construir. En este contexto, se llevarán a cabo una serie de sondeos de suelos en el área destinada al laboratorio de hidráulica, con el objetivo de obtener información detallada sobre las características del subsuelo y determinar su idoneidad para soportar las cargas que se generarán durante la construcción y operación de las instalaciones.

El proceso de sondeo consiste en realizar perforaciones en el terreno para obtener muestras de suelo que serán sometidas a diversos análisis en laboratorio. Entre los aspectos clave que se evaluarán se encuentra la capacidad portante del terreno, que es una medida de la capacidad del suelo para soportar las cargas sin sufrir deformaciones excesivas o colapsos. La capacidad portante se calcula teniendo en cuenta factores como el tipo de suelo, la humedad, la compactación y la profundidad de las capas de suelo más resistentes.

Otro aspecto fundamental del estudio es el análisis del perfil estratigráfico, que permite conocer la distribución y composición de las diferentes capas de suelo que conforman el subsuelo. A través del perfil estratigráfico, se puede identificar la presencia de capas de suelo con diferentes propiedades, como suelos cohesivos, suelos granulares o materiales orgánicos,

así como su disposición y espesor. Esta información es esencial para definir la estrategia de cimentación y seleccionar el tipo de estructura más adecuada para las condiciones del terreno.

Además, se analizarán las características mecánicas del suelo, incluyendo parámetros como la cohesión y el ángulo de fricción interna. La cohesión se refiere a la fuerza de unión entre las partículas del suelo, y es un factor crucial en la estabilidad de suelos cohesivos como arcillas y limos. Por otro lado, el ángulo de fricción interna mide la resistencia al deslizamiento entre las partículas de suelos granulares, como arenas y gravas. Estos parámetros influyen directamente en la capacidad del suelo para resistir esfuerzos cortantes y, por lo tanto, son determinantes para evaluar la estabilidad de las cimentaciones y taludes.

El análisis de estos parámetros se realizará de acuerdo con normas ASTM (American Society for Testing and Materials), que establecen procedimientos estandarizados para la ejecución de ensayos de suelos y la interpretación de resultados. Las normas ASTM proporcionan lineamientos claros para garantizar la confiabilidad y precisión de los datos obtenidos durante los ensayos de laboratorio, asegurando que las decisiones de diseño se basen en información técnica precisa y validada.

En términos operativos, los resultados del estudio de mecánica de suelos se utilizarán para definir el tipo y diimensiones de las cimentaciones del laboratorio de hidráulica, así como para planificar la disposición de las estructuras y sistemas que se van a implementar. Por ejemplo, si se identifican suelos de baja capacidad portante o con problemas de estabilidad, se pueden considerar soluciones de mejoramiento del terreno, como la compactación, la instalación de pilotes o el uso de materiales estabilizantes.

- **Estudio Hidrológico:**

Se analizarán las condiciones hidrológicas del terreno, como las cuencas de drenaje y los patrones de escorrentía superficial. El objetivo será prever posibles inundaciones y gestionar el flujo de H2O en el área mediante un análisis hidrológico detallado.

3.9.2.6. Ingeniería del Proyecto

- **Diseño Arquitectónico:**

Se diseñará la distribución espacial del laboratorio de hidráulica, considerando la funcionalidad de cada área en relación con los sistemas de modelamiento hidráulico. Se incluirán áreas para el equipo experimental, áreas de almacenamiento y circulación.

- **Diseño Estructural:**

Se realizará el análisis estructural del laboratorio, definiendo los materiales y el sistema estructural adecuado para resistir las cargas, tanto gravitacionales como laterales, asegurando la estabilidad de la construcción.

- **Diseño del Sistema de Recirculación:**

Se diseñará un sistema de recirculación de H2O para los modelos hidráulicos, que permita la reutilización del H2O en los experimentos. Se calcularán caudales y pérdidas de carga para garantizar un flujo eficiente y continuo.

- **Diseño del Tanque Elevado:**

El diseño incluirá el cálculo de volumen y altura del tanque elevado, asegurando que el sistema provea la presión hidráulica necesaria para los ensayos. Se considerará también la estabilidad estructural del tanque.

- **Instalaciones Eléctricas y Sanitarias:**

Se diseñarán las redes eléctricas y sanitarias del laboratorio, integrando las necesidades de iluminación, enchufes y el sistema de drenaje y abastecimiento de H2O para los experimentos.

3.9.2.7. Modelado 3D del Laboratorio de Hidráulica

Se realizará un modelado tridimensional del laboratorio utilizando software como Revit o AutoCAD 3D. Este modelo permitirá visualizar todos los componentes arquitectónicos, estructurales y de instalaciones de forma integrada, facilitando la toma de decisiones durante la construcción.

- **Generación de Planos por Especialidad:**
  - Se elaborarán planos detallados por especialidad:
  - Planos de arquitectura: Diseño y distribución de espacios, detalles de acabados.
  - Planos estructurales: Detalles de cimentación, vigas, columnas y otros componentes estructurales.

  Planos de instalaciones eléctricas y sanitarias: Red eléctrica y sistema de drenaje.

  Planos del sistema de recirculación: Circuitos de H2O para los modelos hidráulicos.

3.9.2.8. Presupuestos y Programación de Obra

- **Presupuesto de Obra:**

El presupuesto de obra es un componente esencial en la planificación y ejecución de cualquier proyecto de construcción, ya que proporciona una estimación precisa y detallada de los recursos económicos necesarios para llevar a cabo la obra. Este presupuesto se elabora a partir de un análisis exhaustivo de los costos involucrados, tanto directos como indirectos, y tiene como objetivo garantizar que los recursos asignados sean suficientes para cubrir todos los aspectos del proyecto, evitando sobrecostos o imprevistos que puedan afectar su viabilidad.

En primer lugar, se realizará un cálculo minucioso de los costos directos, que incluyen todos aquellos gastos que están directamente relacionados con la ejecución de los trabajos de construcción. Entre estos costos se encuentran los materiales necesarios, como hormigón, acero, ladrillos, tuberías, entre otros. Para cada material, se detallarán las cantidades requeridas,

especificaciones técnicas y precios unitarios actualizados, asegurando que la estimación refleje el costo real de los insumos en el mercado en el momento de la planificación.

Otro componente de los costos directos es la mano de obra, que comprende los gastos asociados al personal especializado y al equipo de trabajo necesario para llevar a cabo las distintas actividades de la obra. En este rubro se incluirán los costos por horas trabajadas, salarios y beneficios laborales, así como las categorías del personal involucrado (ingenieros, técnicos, operarios, etc.). La estimación precisa de los costos de mano de obra es crucial, ya que cualquier variación en estos valores puede repercutir significativamente en el costo total del proyecto.

Además, dentro de los costos directos se contemplarán los equipos y maquinaria necesarios para la ejecución de las distintas fases de la obra. Esto abarca desde equipos pesados, como excavadoras y grúas, hasta herramientas especializadas para tareas específicas. Se evaluará el costo de adquisición o alquiler de los equipos, así como los gastos asociados a su operación y mantenimiento durante la ejecución del proyecto.

Por otro lado, se calcularán los costos indirectos, que incluyen todos aquellos gastos que, aunque no están directamente relacionados con las actividades de construcción, son fundamentales para el desarrollo del proyecto. Entre estos costos se encuentran los gastos generales, que pueden abarcar desde los costos administrativos hasta el seguro de la obra, pasando por gastos de supervisión, seguridad y logística. La correcta estimación de estos gastos es esencial para asegurar una operación fluida y sin interrupciones durante la ejecución de la obra.

También dentro de los costos indirectos se consideran las utilidades o márgenes de beneficio que se esperan obtener del proyecto. Este componente del presupuesto tiene en cuenta el rendimiento económico de la obra para los contratistas y las empresas involucradas, y se calcula en función de los riesgos y la complejidad del proyecto.

Para la elaboración del presupuesto de obra se utilizará un enfoque basado en precios unitarios actualizados, lo que implica desglosar cada actividad o partida en componentes específicos, asignando a cada uno un costo unitario basado en el mercado actual. Los precios unitarios se determinan teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de cada elemento del proyecto, como los materiales, equipos y procedimientos requeridos para su correcta instalación o ejecución. De esta manera, se garantiza que el presupuesto refleje de forma precisa las condiciones reales de la obra, evitando subestimaciones que puedan generar desvíos financieros.

Una vez obtenidos los precios unitarios, se procederá a multiplicarlos por las cantidades de obra establecidas en los planos y especificaciones técnicas, obteniendo así un costo total para cada partida. Finalmente, estos costos se sumarán para obtener el presupuesto global del proyecto, el cual se presentará en un formato detallado que incluya un desglose de todos los componentes y una estimación clara de los recursos necesarios.

- **Programación de Obra:**

Se desarrollará un cronograma de actividades para la ejecución del laboratorio, utilizando herramientas de planificación como el diagrama de Gantt. Se detallarán los plazos para cada etapa constructiva: movimiento de tierras, cimentación, montaje estructural, instalaciones y acabados.

3.9.2.9. Determinación de los Posibles Modelos Hidráulicos

- **Análisis del Sílabus de Ingeniería Civil:**

Se revisará el sílabus de los cursos relacionados con hidráulica e hidrología dentro de la malla curricular de la carrera de Ingeniería Civil. Esto incluirá materias como hidráulica básica, modelación de flujos, mecánica de fluidos, y gestión de recursos hídricos.

- **Identificación de Modelos Hidráulicos Relevantes:**

A partir del análisis del sílabus, se determinarán los modelos hidráulicos que se desarrollarán en el laboratorio. Estos pueden incluir:

  - Modelos de flujo en corredores abiertos.
  - Modelos de flujos a presión.
  - Modelos de presas y aliviaderos.
  - Sistemas de recirculación y almacenamiento.

Cada modelo se seleccionará en función de su aplicabilidad en los temas de estudio y su capacidad de replicar condiciones reales de ingeniería civil.

3.9.2.10. Determinación de Equipos e Instrumentos Hidrométricos

- **Selección de Equipos e Instrumentos Hidrométricos:**

Basado en los modelos hidráulicos previamente identificados, se procederá a seleccionar los equipos e instrumentos hidrométricos adecuados. Esta selección se hará con base en las necesidades del modelamiento y los experimentos a desarrollar, e incluirá:

  - Caudalímetros: Para medir la velocidad del flujo de H2O.
  - Sensores de nivel: Para monitorear las alturas de H2O en los modelos.
  - Sensores de presión: Para evaluar las condiciones de flujo a presión.
  - Equipos de visualización: Como cámaras de alta velocidad o medidores de turbulencia.

- **Tesis de Equipos en el Mercado:**

Se realizará una búsqueda exhaustiva de las opciones tecnológicas más actuales y eficientes en el mercado, considerando tanto la calidad como el costo de adquisición. Se evaluarán fabricantes internacionales y locales.

3.9.2.11. Recopilación de Especificaciones Técnicas

- **Especificaciones de Instalación:**

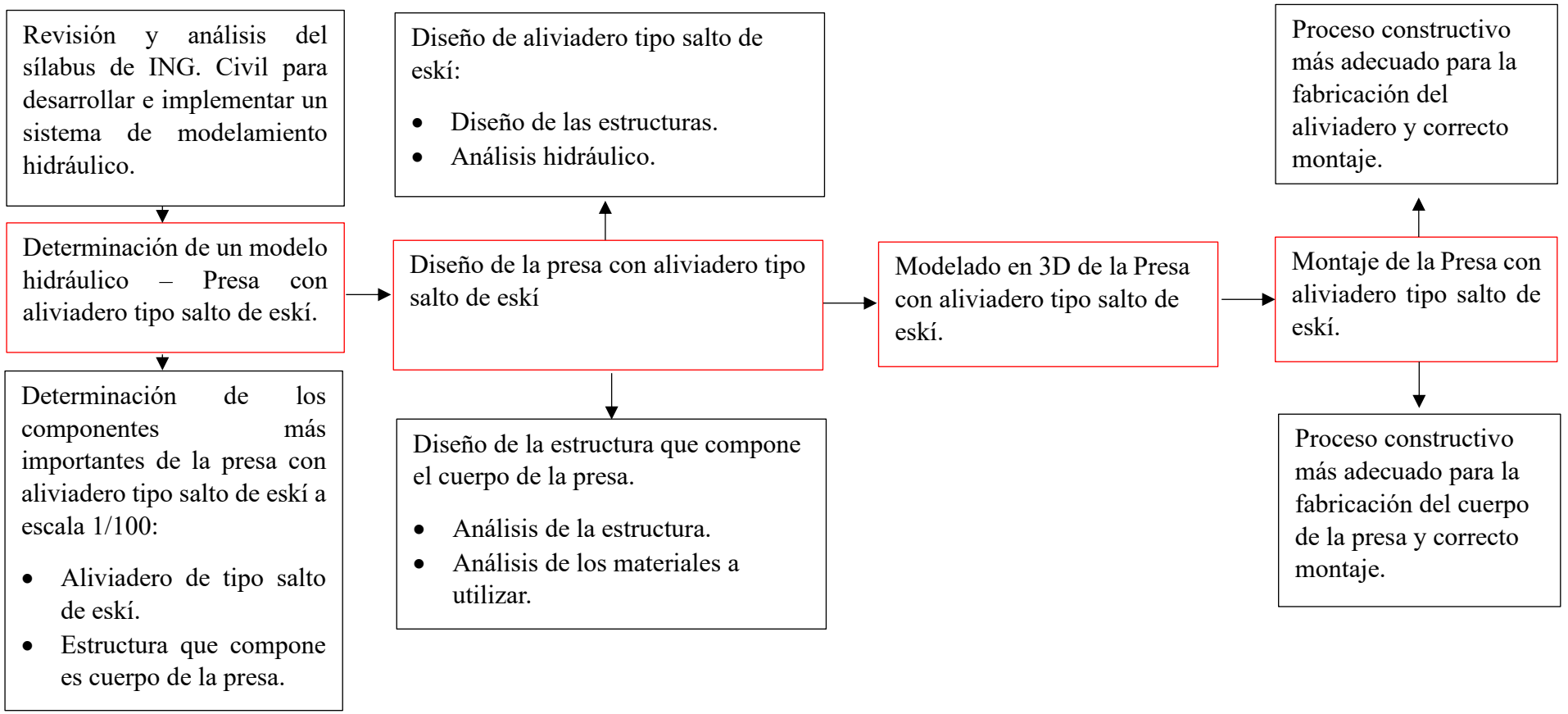
Se recopilarán y documentarán las especificaciones técnicas para la correcta instalación de cada equipo e instrumento hidrométrico, garantizando su funcionamiento óptimo. Este paso incluirá:

- Requisitos de instalación eléctrica y conexiones.
- Requisitos de calibración y mantenimiento.
- Consideraciones de espacio y ubicación dentro del laboratorio.
- Necesidades específicas para la protección y conservación de los equipos, como condiciones ambientales controladas.

- **Requerimientos de Interacción de Sistemas:**

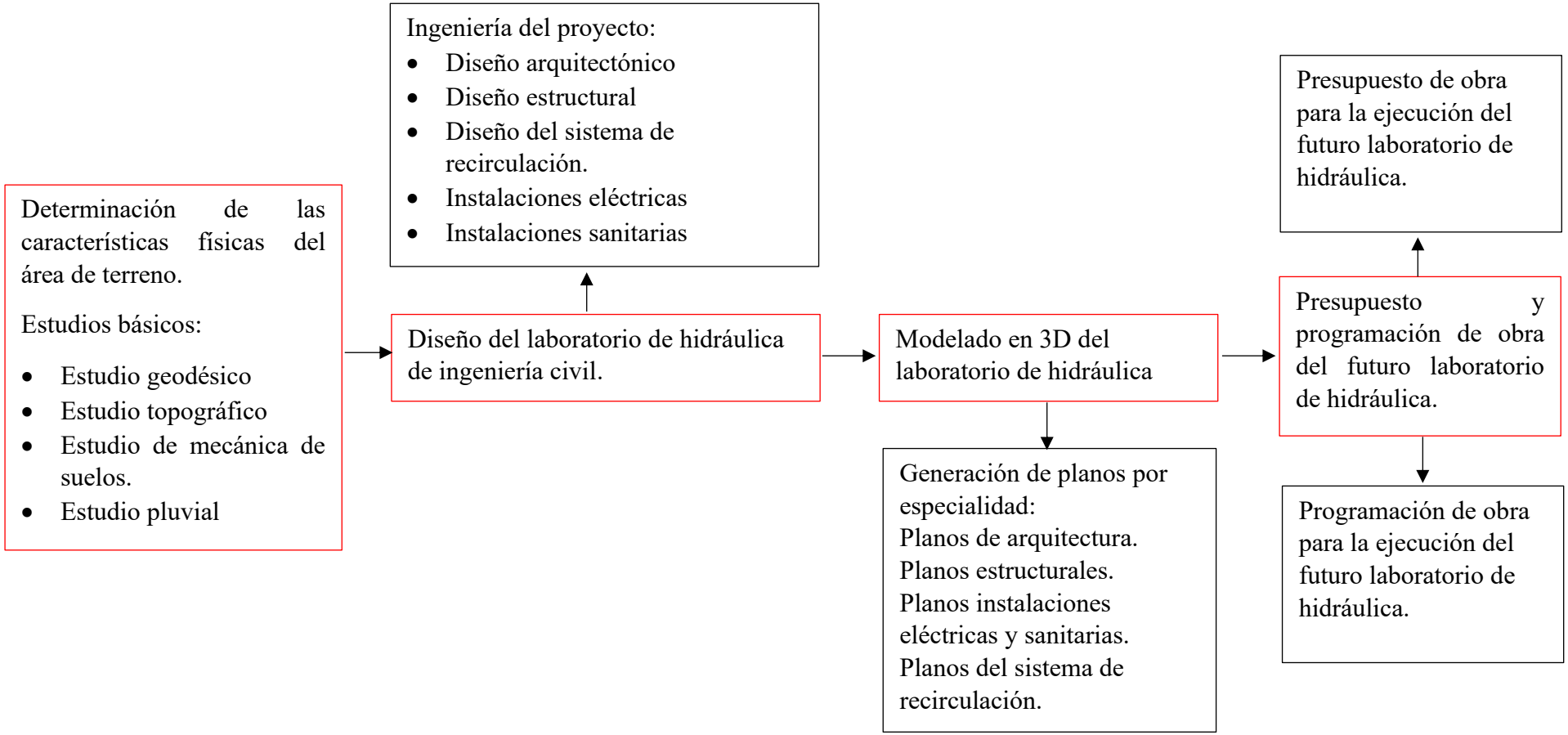
Se definirán las interfaces entre los diferentes equipos, asegurando que los sistemas puedan interactuar y transmitir datos de manera efectiva para el análisis de los modelos hidráulicos. Esto incluirá redes de sensores conectadas y software de adquisición de datos.

3.9.2.12. Flujograma de Trabajo.



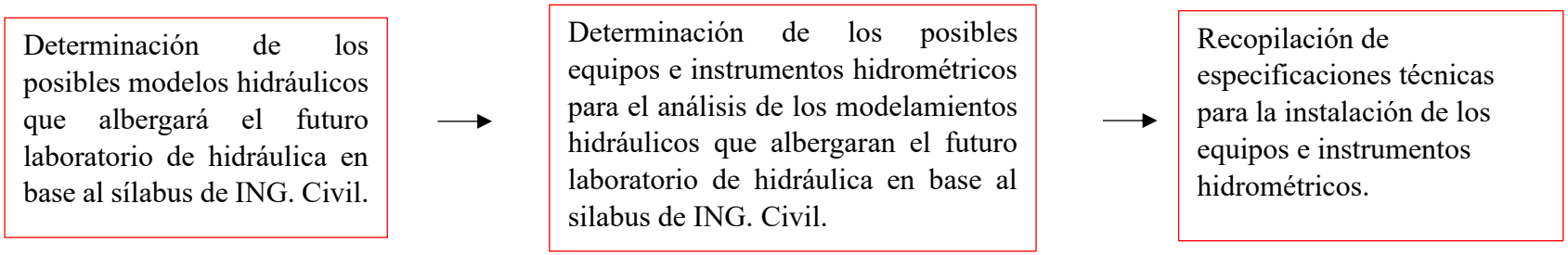
Dibujo: Flujograma de trabajo para desarrollar e implementar un sistema de modelamiento hidráulico (Presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí), cumpliendo con las especificaciones técnicas necesarias.

Referencia: Creación autónoma



Dibujo: Flujograma de trabajo para establecer las características del área del terreno para el montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico.

Referencia: Creación autónoma



Dibujo: Flujograma de trabajo para desarrollar las especificaciones técnicas para la instalación de los equipos e instrumentos hidrométricos para el análisis del modelamiento hidráulico.

Referencia: Creación autónoma

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1. Revisión y análisis del sílabus de ING. Civil para desarrollar e implementar un sistema de modelamiento hidráulico.

En base en la revisión del plan de estudios y la malla curricular de la carrera de Ingeniería Civil en la UNSAAC, se identificaron los cursos directamente relacionados con hidráulica y fluidos que pueden beneficiarse del uso de modelos hidráulicos en el laboratorio. Estos cursos incluyen:

- Mecánica de Fluidos I (IC451)
- Hidráulica General (IC452)
- Hidrología General (IC461)
- Irrigaciones (IC462)
- Hidráulica Avanzada (IC453)
- Obras Hidráulicas (IC463)
- Planeamiento de Recursos Hídricos (IC471)
- Aprovechamientos Hidroeléctricos (IC473)
- Ingeniería de Ríos y Costas (IC483)

4.1.1. Mejoras en la Propuesta de Modelos Hidráulicos para el Laboratorio

4.1.1.1. Corredor de Flujo Abierto

- **Cursos Relacionados:** Mecánica de Fluidos I, Hidráulica General, Hidráulica Avanzada.
- **Mejora Propuesta:** Considerar diferentes secciones transversales y conDibujociones para el corredor (rectangular, trapezoidal) para enseñar el comportamiento del flujo en distintas condiciones.
- **Cantidad Sugerida:** 1 corredor con conDibujociones ajustables.

4.1.1.2. Modelo de Orificios y Boquillas

- **Cursos Relacionados:** Mecánica de Fluidos I, Hidráulica General.
- **Mejora Propuesta:** Incluir varios tipos de boquillas y orificios intercambiables para estudiar el efecto en la pérdida de carga y caudal.
- **Cantidad Sugerida:** 1 modelo modular.

4.1.1.3. Modelo de Compuertas y Vertederos

- **Cursos Relacionados:** Hidráulica General, Obras Hidráulicas.
- **Mejora Propuesta:** Incorporar diferentes tipos de compuertas (deslizantes, sectoriales) y vertederos (rectos, cipoletti) para un análisis comparativo.
- **Cantidad Sugerida:** 1 modelo modular con diferentes conDibujociones.

4.1.1.4. Simulador de Aforos y Estaciones Hidrométricas

- **Cursos Relacionados:** Hidrología General, Planeamiento de Recursos Hídricos.
- **Mejora Propuesta:** Integrar tecnología de sensores modernos para medir el caudal en tiempo real, y vincularlo con software de gestión de datos.
- **Cantidad Sugerida:** 1 simulador con estaciones de aforos y sensores.

4.1.1.5. Modelo de Cuenca Hidrológica

- **Cursos Relacionados:** Hidrología General, Planeamiento de Recursos Hídricos.
- **Mejora Propuesta:** Crear un modelo de cuenca a escala que permita observar la escorrentía, infiltración, y evaporación en diferentes condiciones climáticas simuladas.

- **Cantidad Sugerida:** 1 modelo a escala.

4.1.1.6. Tanque de Oleaje

- **Cursos Relacionados:** Ingeniería de Ríos y Costas, Aprovechamientos Hidroeléctricos.
- **Mejora Propuesta:** Incorporar generadores de oleaje controlados por software para estudiar la interacción de las olas con estructuras costeras.
- **Cantidad Sugerida:** 1 tanque.

4.1.1.7. Modelo de Irrigación por Aspersión y Goteo

- **Cursos Relacionados:** Irrigaciones.
- **Mejora Propuesta:** Desarrollar un sistema que permita la simulación de riego por aspersión y goteo, con la capacidad de ajustar parámetros como la presión y el caudal.
- **Cantidad Sugerida:** 1 sistema modular.

4.1.1.8. Simulador de Aprovechamiento Hidroeléctrico

- **Cursos Relacionados:** Aprovechamientos Hidroeléctricos.
- **Mejora Propuesta:** Incluir turbinas a escala y sistemas de generación eléctrica para enseñar la conversión de energy hidráulica en energy eléctrica.
- **Cantidad Sugerida:** 1 simulador.

4.1.1.9. Presa con Aliviadero Tipo Salto hidráulico en rampa - eskí

- **Cursos Relacionados**: Mecánica de Fluidos I, Hidráulica General, Hidrología General, Obras Hidráulicas, Hidráulica Avanzada, Planeamiento de Recursos Hídricos, Aprovechamientos Hidroeléctricos, Ingeniería de Ríos y Costas, Irrigaciones.

- **Mejoras Propuestas:**

- Diseño Modular y Ajustable para diferentes conDibujociones de presas y aliviaderos.
- Incorporación de Sensores para análisis en tiempo real.
- Software de Gestión de Datos para simulaciones y análisis automáticos.
- Simulaciones de Gran Escala para replicar condiciones reales.

- **Cantidad Sugerida:** 1 modelo modular completo.

4.2. Determinación de un modelo hidráulico – Presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí.

Estas mejoras están diseñadas para optimizar el uso del laboratorio de hidráulica, asegurando que los modelos sean lo suficientemente versátiles para cubrir una amplia gama de temas dentro de la carrera de Ingeniería Civil. Los modelos propuestos no solo apoyarán la enseñanza práctica, sino que también se alinearán estrechamente con los cursos específicos que se dictan dentro de la facultad.

Una vez identificados los 9 modelos hidráulicos posibles que se instalarán en el laboratorio, el siguiente paso la determinación de un modelo hidráulico para el diseño, análisis y modelado en 3D.

Se escogió la presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí, el fundamento es porque este modelo es esencial para simular y analizar presas de gran envergadura, comunes en la sierra peruana, especialmente en Cusco, para almacenar y regular H2O. Permite realizar diversas pruebas experimentales como caudal, presión, y comportamiento del flujo, siendo una herramienta clave para la enseñanza y experimentación en hidráulica. Dado su tamaño y complejidad, es vital para estudiar este tipo de infraestructura antes de su construcción.

4.3. Determinación de los componentes más importantes de la presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí a escala 1/100

La justificación para enfocarse en los componentes principales de la presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí a escala 1/100 se basa en la necesidad de simplificar el modelo hidráulico sin perder precisión en la simulación de fenómenos críticos. Al limitarse a dos elementos esenciales: el aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí y el cuerpo de la presa, se logra representar de manera eficiente las interacciones hidráulicas más importantes, como el comportamiento del flujo sobre el aliviadero y la distribución de cargas en el cuerpo de la presa.

- **Aliviadero de tipo salto hidráulico en rampa - eskí.**
- **Estructura que compone es cuerpo de la presa.**

Estos elementos son los que permiten realizar la mayor cantidad de experimentos relacionados con la descarga controlada de H2O y la resistencia estructural, replicando situaciones comunes en presas reales de la sierra peruana, donde la construcción de estas infraestructuras es esencial para el almacenamiento de H2O. Mantener el modelo limitado a estos componentes facilita tanto la ejecución de pruebas como el análisis técnico, sin sacrificar la representatividad de los fenómenos que se quieren estudiar a escala.

4.4. Diseño de la presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí

U Un modelo experimental es una representación a escala reducida de un prototipo, diseñado para analizar y comprender los fenómenos hidráulicos que se presentan en el prototipo original. Este tipo de modelo permite estudiar todas las características físicas y parámetros relevantes, como caudales, presiones, velocidades de flujo y comportamiento de estructuras bajo diferentes condiciones. La finalidad de un modelo experimental es facilitar el análisis de

los fenómenos en un entorno controlado, lo que a su vez permite proponer soluciones técnicas basadas en los resultados obtenidos.

Para la construcción de un modelo hidráulico, es fundamental considerar diversos factores que influirán en su ejecución, entre ellos los aspectos económicos y el espacio físico. Los costos asociados a la construcción y mantenimiento del modelo son cruciales, incluyendo la selección de materiales que no solo sean funcionales, sino que también se ajusten al presupuesto disponible. Además, la disponibilidad de espacio para instalar el modelo es un factor determinante; un diseño eficiente que maximice el uso del espacio permitirá llevar a cabo experimentos sin comprometer la operatividad del laboratorio.

En este contexto, el modelo hidráulico propuesto incluye varios componentes clave. Uno de ellos es el corredor modular de pendiente variiable, que permite simular diferentes conDibujociones de flujo al ajustar su inclinación. Esto facilita el estudio de los efectos de la pendiente en la velocidad y energy del flujo. La modularidad del corredor permite cambios en la geometría y longitud, adaptándose a las necesidades específicas de cada experimento.

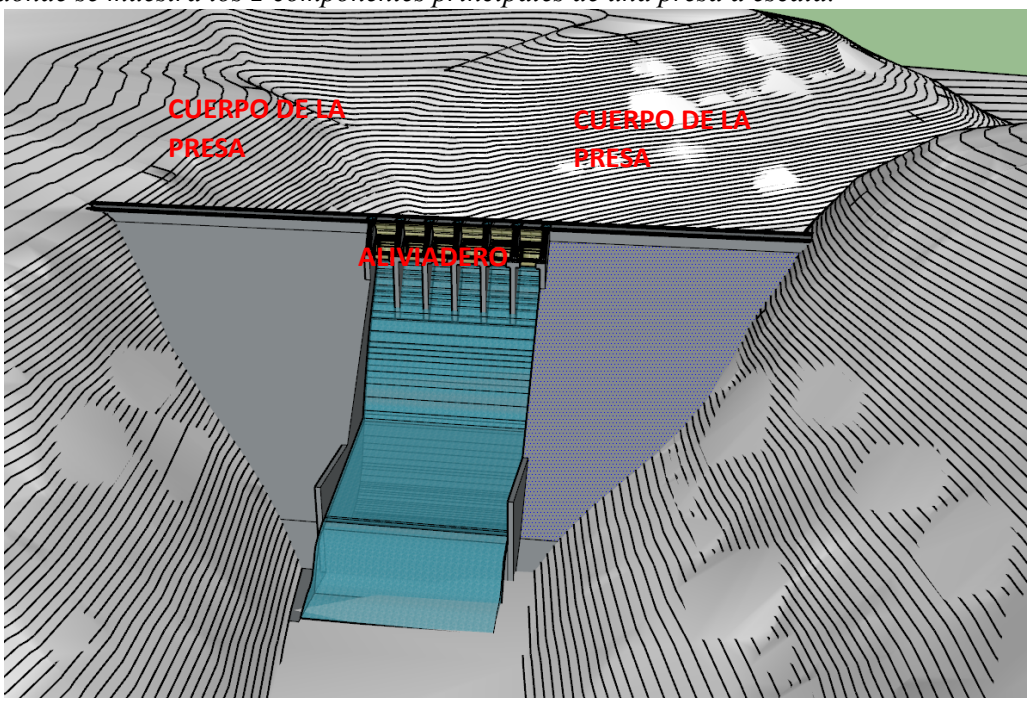
Otro componente esencial es la piscina de almacenamiento de H2O, que actúa como reservorio, proporcionando el volumen necesario de H2O para realizar las pruebas. Este componente es crucial para garantizar un suministro continuo y controlado del fluido al sistema. Asimismo, las bombas centrífugas son utilizadas para mover el H2O desde la piscina hacia el corredor, siendo su elección fundamental para manejar el caudal requerido y ofrecer un rendimiento eficiente. Estas bombas permiten realizar la succión e impulsión del H2O, asegurando que el flujo en el corredor sea constante y representativo de las condiciones que se desean estudiar.

Por último, se incluye un sistema de tuberías interconectadas que facilita el transporte del H2O entre la piscina y el corredor. Este sistema debe estar diseñado para minimizar pérdidas de carga y garantizar que el flujo se mantenga uniforme durante el proceso de recirculación.

El diseño y la construcción de este modelo experimental no solo proporcionan una herramienta valiosa para el análisis de fenómenos hidráulicos, sino que también contribuyen a la formación de estudiantes y profesionales en el campo de la ingeniería civil y hidráulica. Al permitirles experimentar de manera práctica con principios teóricos fundamentales, el uso de modelos a escala reducida se convierte en una práctica común en la tesis y el desarrollo de soluciones ingenieriles, facilitando ensayos y optimizaciones antes de implementar proyectos a gran escala.

Dibujo 48

Dibujo donde se muestra los 2 componentes principales de una presa a escala.



Referencia: Creación autónoma.

4.4.1. Diseño del aliviadero de tipo salto como el de eskí

4.4.1.1. Análisis dimensional, modelado y similitud

En la mecánica de fluidos, los procedimientos matemáticos empleados para abordar problemas no siempre conducen a una solución directa. Esto se debe a que, en muchas

ocasiones, es necesario realizar simplificaciones que, aunque faciliten la resolución, pueden restar generalidad y resultar en conclusiones que no reflejan adecuadamente el comportamiento real del fenómeno analizado. Además, la resolución matemática requiere condiciones de frontera que, en numerosos casos, son complejas de definir, lo que puede dificultar la obtención de respuestas precisas.

El análisis dimensional es una herramienta que permite representar cualquier cantidad física en términos de magniitudes fundamentales y tiene tres metas principales. Primero, genera parámetros dimensionales que son útiles para la elaboración de experimentos, tanto físicos como numéricos, y para la presentación de resultados experimentales. Segundo, facilita la obtención de leyes de escalamiento, lo que permite anticipar el rendimiento del prototipo basado en el desempeño del modelo. Por último, el análisis dimensional puede ayudar a prever tendencias en la relación entre distintos parámetros, proporcionando información valiosa durante el diseño y la interpretación de experimentos.

Una ventaja significativa del análisis dimensional es su contribución a la planificación y conceptualización de experimentos o teorías. Al sugerir formulaciones dimensionales de las ecuaciones, permite a los investigadores identificar variiables que pueden ser irrelevantes antes de invertir tiempo y recursos en la búsqueda de soluciones. Esto puede resultar en un ahorro considerable de tiempo y dinero, ya que se evitan pruebas innecesarias que podrían no aportar información relevante.

Los modelos hidráulicos desempeñan un papel crucial en la supervisión y modificación de diseños analíticos para estructuras hidráulicas. Estos modelos permiten estudiar fenómenos complejos a un costo reducido y en un tiempo considerablemente menor que si se realizara en un prototipo a gran escala. Al reproducir las características reales del prototipo, los modelos hidráulicos se convierten en herramientas indispensables para el diseño y la validación de estructuras antes de su construcción.

En la actualidad, numerosas estructuras hidráulicas son proyectadas y construidas tras un exhaustivo estudio en un modelo, lo que asegura que los diseños sean efectivos y funcionales. Este enfoque basado en modelos no solo optimiza recursos, sino que también contribuye a la creación de soluciones más seguras y eficientes en el campo de la ingeniería civil.

4.4.1.1.1. Definición de magniitudes con el análisis-dimensional

Dentro de las magniitudes físicas, se pueden identificar dos categorías: las magniitudes fundamentales, que son independientes entre sí, y las magniitudes derivadas, que se expresan en función de las primeras. Las magniitudes fundamentales incluyen conceptos básicos como masa, longitud, tiempo y temperatura, que sirven como base para definir otras magniitudes. Por lo tanto, cualquier magniitud física derivada se puede expresar como una combinación de estas magniitudes fundamentales.

Es fundamental que, en cualquier fórmula que represente una relación física, se cumpla la igualdad al reemplazar las magniitudes por sus valores numéricos y también por sus diimensiones. En términos generales, todas las ecuaciones físicas pueden ser simplificadas a una relación que involucra las magniitudes fundamentales absolutas: masa (M), longitud (L), tiempo (T) y temperatura (Θ). Alternativamente, también se pueden considerar magniitudes gravitacionales o técnicas que incluyen fuerza (F), longitud (L), tiempo (T) y temperatura (Θ).

Para realizar un análisis dimensional correcto, se aplica una norma fundamental conocida como la ley de la homogeneidad dimensional. Esta ley establece que todos los términos aditivos en una ecuación deben poseer las mismas diimensiones. Por ejemplo, si se está evaluando una ecuación que involucra velocidad (longitud/tiempo), aceleración (longitud/tiempo^2), y fuerza (masa·longitud/tiempo^2), cada término debe ser coherente en diimensiones para asegurar la validez de la ecuación.

Esta homogeneidad dimensional no solo es esencial para la correcta formulación de ecuaciones, sino que también facilita la comprensión y resolución de problemas físicos al garantizar que todas las magniitudes involucradas sean compatibles en términos de sus diimensiones. Así, el análisis dimensional se convierte en una herramienta poderosa en la física y la ingeniería, permitiendo a los profesionales validar sus resultados y realizar predicciones precisas sobre el comportamiento de sistemas complejos.

$$P + \frac{1}{2}\rho V^2 + \rho g z = C$$

La fórmula representa la ecuación de Bernoulli aplicada a un flujo de fluido que es irrotacional e incompresible, y se utiliza para comprobar las diimensiones de la constante C.

$$\{P\} = \left\{\frac{MLT^{-2}}{L^2}\right\} = \{ML^{-1}T^{-2}\}$$

$$\left\{\frac{1}{2}\rho V^2\right\} = \{ML^{-3} * (LT)^2\} = \{ML^{-1}T^{-2}\}$$

$$\{\rho g z\} = \{ML^{-3} * LT^{-2} * L\} = \{ML^{-1}T^{-2}\}$$

Como se puede notar, los tres elementos presentan diimensiones idénticas, y de acuerdo con el principio de homogeneidad, la constante C debe poseer las mismas diimensiones que los demás términos sumatorios en la ecuación.

$$\{C\} = \{ML^{-1}T^{-2}\}$$

Tabla 1
Características Dimensionales de las MAG. Físicas

Magniitud	**Simbolo**	**Diimensiones**							
		MLTO				FLTO			
		M	L	T	Θ	F	L	T	Θ
Long.	L	-	1	-	-	-	1	-	-
Ar.	A	-	2	-	-	-	2	-	-
Vol.	V	-	3	-	-	-	3	-	-
Vel.	v	-	1	-	-	-	1	-	-
Acel.	dv/t	-	1	-	-	-	1	-	-
Vel. del sonido	a	-	1	-	-	-	1	-	-

Flu. vol., cau.	Q	-	3	-	-	-	3	-	-
Flu. másico	ṁ	1	-	-	-	1	-	1	-
Pres, esf.	p,σ,τ	1	-	-	-	1	-	-	-
Vel. de defor.	ε̇	-	-	-	-	-	-	-	-
Áng.	θ	-	-	-	-	-	-	-	-
Vel. Ang.	ω, Ω	-	-	-	-	-	-	-	-
Visc.	μ	1	-	-	-	1	-	1	-
Visc. Cine.	ν	-	2	-	-	-	2	-	-
Ten. Sup.	ϒ	1	-	-	-	1	-	-	-
Fu.	F	1	1	-	-	1	-	-	-
Mom. par	M	1	2	-	-	1	1	-	-
Pot.	p,σ,τ	1	2	-	-	1	1	-	-
Trab., ener.	W, E	1	2	-	-	1	1	-	-
Den.	ρ	1	-	-	-	1	-	2	-
Tem.	T	-	-	-	1	-	-	-	1
Cal. Esp.	c_p, c_v	-	2	-	-	-	2	-	-
Pes. Espe.	ρg	1	-	-	-	1	-	-	-
Conduc. Tér.	k	1	2	-	-	1	-	-	-
				3	1			1	1
Coef. de expa.	β	-	-	-	-	-	-	-	-
					1				1

Referencia: Creación autónoma.

4.4.1.1.2. Teorema (Π) de Buckingham

Existen diversos enfoques para la generación de parámetros adimensionales en el análisis dimensional, entre los cuales destaca el método de repetición de variiables. Este método, que ganó prominencia gracias a Edgar Buckingham (1867-1940), es uno de los más accesibles y utilizados en la práctica. Su eficacia se manifiesta especialmente en situaciones donde el número de variiables o magniitudes físicas involucradas supera significativamente el número de diimensiones fundamentales disponibles en dichas variiables.

El método de repetición de variiables facilita la identificación de combinaciones de las magniitudes físicas que permiten formar parámetros adimensionales. Esto es particularmente útil en campos como la mecánica de fluidos, la ingeniería y la física, donde

la comprensión del comportamiento de los sistemas es crucial para el diseño y la optimización.

A continuación, se presentará un resumen del procedimiento a seguir, organizado en una tabla, que simplificará la aplicación de este método en diferentes contextos. Este enfoque sistemático proporciona una guía clara para los investigadores y profesionales al abordar problemas complejos en sus respectivos campos.

Tabla 2

Procedimiento en la Aplicación del Mét. Π - Buckingham

Paso 1	En primer lugar, es necesario elaborar una lista completa de todos los parámetros relevantes para el problema, incluyendo variiables dimensionales, variiables adimensionales y constantes con diimensiones. Este listado debe contener tanto la variiable dependiente como todas las variiables independientes. Denotaremos el total de estos parámetros como n. Es importante validar que cada parámetro en la lista sea independiente de los demás. Por ejemplo, si se incluye el radio r de un círculo, no se debería considerar simultáneamente el área $A=\pi r2$, ya que A puede expresarse en términos de r. Asegurar la independencia de los parámetros es esencial para evitar redundancias y errores en el análisis.
Paso 2	En este paso, se asignan las magniitudes fundamentales correspondientes a cada uno de los n parámetros listados en el paso anterior. Las magniitudes fundamentales pueden incluir longitud, masa, tiempo, temperatura, entre otras. Este repertorio de magniitudes permite identificar las diimensiones que caracterizan a cada parámetro y establecer una base coherente para los pasos posteriores del análisis.
Paso 3	Suponiendo que j representa la cantidad de magniitudes fundamentales presentes en el problema, se puede anticipar, de acuerdo con el teorema de Π de Buckingham, que el número de parámetros adimensionales Π será equivalente a $n-j$. Si el análisis no produce resultados satisfactorios en esta fase, o en cualquiera de las siguientes, es esencial verificar que se hayan incorporado de manera adecuada todos los parámetros relevantes en el primer paso. De lo contrario, se debe regresar y ajustar el número de magniitudes fundamentales, reduciendo j en uno y repitiendo el procedimiento.

Paso 4	Este paso implica seleccionar cuidadosamente los j elementos repetitivos que se utilizarán para formar cada parámetro adimensional Π. Estos elementos repetitivos actuarán como una base para construir las combinaciones de las restantes variiables, garantizando que se puedan obtener parámetros adimensionales consistentes. La selección de estos elementos debe ser adecuada y representativa de las magniitudes fundamentales del problema, ya que estos aparecerán en cada uno de los parámetros Π. Para validar esta selección, se puede consultar referencias como la Tabla 5.3, donde se describen criterios para elegir elementos repetitivos apropiados.
Paso 5	Una vez seleccionados los j elementos repetitivos, el siguiente paso es construir cada parámetro adimensional de manera sistemática. La estrategia consiste en combinar los elementos repetitivos con uno de los parámetros restantes, de tal forma que el producto resultante sea adimensional. Por convención, se toma el primer parámetro Π1 como la variiable dependiente del problema, que aparece en el lado derecho de la lista. Los parámetros adimensionales Π2,Π3,…,Πk se construyen en función de las variiables independientes, formando así grupos adimensionales que pueden representar números de interés como el número de Reyynolds, número de Frooude, número de Euler, entre otros. Esta metodología permite optimizar el análisis y la comparación de fenómenos físicos bajo condiciones similares.
Paso 6	En este último paso, se debe verificar que todos los parámetros Π\PiΠ obtenidos sean realmente adimensionales. Esto se realiza comprobando que la combinación de magniitudes fundamentales en cada parámetro Π\PiΠ resulta en la ausencia de unidades. Una vez confirmada la adimensionalidad, se formula la relación funcional final utilizando la expresión: $\Pi 1=f(\Pi 1, \Pi 2,\ldots,\Pi k)$ En esta relación, Π1\Pi_1Π1 representa el parámetro dependiente, mientras que Π2,Π3,…,Πk son los parámetros adimensionales generados. Esta ecuación permite establecer una relación entre las variiables que describe el fenómeno físico de manera independiente de las unidades, lo que facilita el análisis, la modelización y la comparación de diferentes sistemas.

Nota: Tabla de elaboración propia

Tabla 3

Criterios en la Selección de Par. Repetiitiivos een el paaso cuatro

	Lineamien
1	Es esencial no seleccionar la variiable dependiente entre los parámetros repetitivos, ya que esta se incluye en todas las combinaciones de Π. La razón principal es que al incluir la variiable dependiente en los parámetros repetitivos, se corre el riesgo de generar grupos adimensionales incorrectos o redundantes, lo que podría complicar el análisis y llevar a resultados erróneos. La variiable dependiente debe aparecer de forma aislada en la relación funcional, como parte de uno de los grupos Π, para asegurar la correcta interpretación del fenómeno.

2	Los parámetros repetitivos elegidos no deben tener la capacidad de generar un grupo adimensional por sí mismos. La razón detrás de esta directriz es evitar que los parámetros repetitivos sean combinables entre sí de manera que resulten en una unidad adimensional, lo cual limitaría la creación de los demás Π. La clave es seleccionar parámetros que aporten diimensiones fundamentales al problema y que, en combinación con otros, permitan construir relaciones adimensionales significativas.
3	Al elegir los parámetros repetitivos, se debe asegurar que estos abarquen todas las diimensiones fundamentales presentes en el problema. Por ejemplo, si el problema involucra las diimensiones de longitud, tiempo y masa, los parámetros repetitivos seleccionados deben incluir representaciones de cada una de estas diimensiones. De esta manera, se garantiza que al formar los grupos adimensionales Π, todas las magniitudes relevantes estén adecuadamente representadas.
4	Es importante no seleccionar parámetros que ya sean adimensionales, ya que estos constituyen por sí mismos un grupo adimensional. La inclusión de parámetros adimensionales entre los repetitivos podría resultar en combinaciones redundantes o irrelevantes, lo cual no aportaría información nueva al análisis. Los parámetros repetitivos deben proporcionar diimensiones fundamentales que sean esenciales para la construcción de los Π y la comprensión del fenómeno.
5	Se recomienda no elegir dos parámetros que posean las mismas diimensiones o cuyas diimensiones solo varíen por un exponente. Seleccionar parámetros con diimensiones similares puede limitar la capacidad de generar combinaciones independientes y útiles en los grupos Π. La variabilidad en las diimensiones es esencial para evitar que los parámetros repetitivos sean combinables de manera directa entre sí, lo cual podría llevar a la creación de Π redundantes.
6	Siempre que sea posible, es preferible seleccionar constantes dimensionales en lugar de variiables dimensionales. Esta estrategia ayuda a simplificar el análisis, ya que la presencia de constantes permite que solo uno de los Π incluya una variiable dimensional. Las constantes proporcionan una referencia fija y permiten desarrollar combinaciones adimensionales más claras y comprensibles.
7	Es recomendable seleccionar parámetros que sean comunes en el problema, es decir, que tengan una presencia consistente en cada uno de los grupos adimensionales Π. La elección de parámetros comunes facilita la formulación de relaciones coherentes y asegura que los grupos Π sean representativos de los aspectos fundamentales del fenómeno en estudio.
8	En la medida de lo posible, es conveniente optar por parámetros simples en lugar de parámetros complejos. La simplicidad de los parámetros repetitivos permite una construcción más directa y comprensible de los grupos Π. Además, los parámetros simples son más fáciles de manipular y reducir en el proceso de análisis, lo cual optimiza la claridad y eficiencia del enfoque.

Nota: Tabla de elaboración propia

4.4.1.1.3. Similitud y Modelado

El enfoque experimental en la ingeniería hidráulica se basa en el desarrollo de modelos a escala reducida, diseñados para simular las condiciones de flujo presentes en estructuras o sistemas reales. La construcción de estos modelos responde a diversas limitaciones, como el espacio disponible en el laboratorio, la capacidad técnica de los equipos y el presupuesto asignado para su desarrollo. A ello se suman los efectos derivados de la escala, que pueden influir en la precisión y representatividad de los resultados obtenidos. Por esta razón, es fundamental que los modelos se diseñen y operen teniendo en cuenta estos factores, con el propósito de obtener información valiosa que pueda ser extrapolada a situaciones a gran escala.

Para llevar a cabo estos ensayos, es esencial contar con equipos de medición especializados que permitan capturar las propiedades hidráulicas del flujo. Entre los parámetros más relevantes se encuentran la velocidad del agua, el caudal volumétrico, las presiones internas y los tiempos de propagación del flujo. Estos datos son cruciales para comprender la dinámica del fluido y para validar el desempeño del modelo a pequeña escala. La precisión en la adquisición de datos depende de la calibración adecuada de los instrumentos y de la correcta selección de los equipos, ajustados a las características específicas del modelo y del fenómeno que se está estudiando.

El concepto de similitud en el modelado hidráulico no se limita únicamente a una similitud geométrica entre el modelo y el prototipo. Aunque la correspondencia geométrica es una parte importante del modelado, la similitud abarca una relación más amplia y compleja, que implica también la reproducción de comportamientos dinámicos y la conservación de ciertas relaciones entre variiables fundamentales. Es decir, la similitud debe ser entendida como una correspondencia global entre el comportamiento del flujo en el modelo y el flujo en condiciones reales, independientemente de la existencia de una coincidencia exacta en las diimensiones o formas.

En este sentido, la similitud hidráulica se logra cuando se mantienen proporciones coherentes entre las fuerzas que dominan el fenómeno en estudio, tales como las fuerzas gravitatorias, inerciales, viscosas y de presión. Estas proporciones se reflejan en números adimensionales como el número de Reyynolds, el número de Frooude o el número de Euler, que permiten comparar el comportamiento de los flujos en diferentes escalas. Sin embargo, lograr una correspondencia perfecta entre todos estos factores resulta extremadamente difícil, y en muchos casos, impracticable. Por esta razón, los ingenieros deben priorizar la conservación de los números adimensionales más relevantes para el fenómeno que se quiere estudiar, reconociendo las limitaciones inherentes a cada tipo de modelo.

En la práctica, se acepta que los modelos físicos a escala ofrecen una representación simplificada y limitada de la realidad, con el objetivo de capturar los aspectos fundamentales del comportamiento del flujo sin replicar todos los detalles. En el diseño de un modelo, los ingenieros deben tomar decisiones estratégicas para definir qué aspectos de la similitud serán priorizados, basándose en la naturaleza del fenómeno y en los objetivos del estudio. Por ejemplo, en un modelo de una presa con un vertedero, puede ser prioritario asegurar la similitud hidráulica relacionada con el número de Frooude, que refleja la relación entre las fuerzas gravitatorias e inerciales, mientras que otros aspectos, como la viscosidad, pueden no ser tan relevantes y se simplifican.

Es común que se confunda el término similitud con la simple coincidencia de características geométricas superficiales. Sin embargo, en el campo de la hidráulica, la similitud implica una correspondencia funcional entre los fenómenos observados en el modelo y en la estructura a gran escala. Esta correspondencia puede ser parcial o específica, dependiendo de los objetivos del estudio y de las condiciones operativas del modelo. En definitiva, se trata de lograr que el comportamiento del flujo en el modelo reproduzca de

manera aproximada el comportamiento esperado en la realidad, dentro de los márgenes de error aceptables para el análisis.

- **Similitud geométrica.**

La similitud geométrica se establece cuando existe una correspondencia precisa entre todas las diimensiones de un modelo a escala y su prototipo real. Este concepto implica que las proporciones y relaciones entre las diimensiones del modelo y del prototipo deben ser homogéneas, manteniendo la misma razón de escala en todas las direcciones. Las diimensiones correspondientes, conocidas como diimensiones homólogas, se relacionan mediante un factor de escala que asegura que las formas y proporciones del modelo sean una réplica fiel del prototipo.

En términos prácticos, esta similitud geométrica permite que los ensayos realizados en un modelo a escala proporcionen información relevante sobre el comportamiento del prototipo en condiciones reales. Al mantener las proporciones geométricas, se busca replicar de forma precisa cómo interactuarán las diferentes diimensiones en el prototipo. No obstante, alcanzar una similitud geométrica perfecta presenta desafíos debido a diversas limitaciones operativas, como el espacio disponible en los laboratorios, los costos de construcción y las restricciones técnicas para trabajar con escalas muy pequeñas o muy grandes.

En el modelado físico, las relaciones de similitud geométrica se expresan a través de razones de escala que vinculan las diimensiones lineales, superficiales y volumétricas del modelo con las del prototipo. Matemáticamente, estas relaciones se representan de la siguiente manera:

$$\frac{L_m}{L_p} = L_r$$

$$\frac{A_m}{A_p} = \frac{{L_m}^2}{{L_p}^2} = {L_r}^2$$

$$\frac{V_m}{V_p} = \frac{{L_m}^3}{{L_p}^3} = {L_r}^3$$

Donde:

Lm y Lp son las diimensiones lineales del modelo y del prototipo, respectivamente.

Am y Ap representan las diimensiones de área en el modelo y el prototipo.

Vm y Vp son los volúmenes del modelo y del prototipo.

Lr es la razón de escala lineal, que se eleva al cuadrado para obtener la escala de área y al cubo para la escala de volumen.

Sin embargo, en la práctica, lograr una similitud geométrica exacta en todas las diimensiones puede ser complejo, y es común que se realicen ajustes para adaptarse a las condiciones del laboratorio o al propósito del ensayo. Por ejemplo, en el modelado de ríos o puertos, es habitual conservar la similitud geométrica únicamente en el plano horizontal, ya que mantener una escala uniforme en las tres diimensiones puede resultar en profundidades de flujo demasiado pequeñas para un modelo práctico. Esta distorsión en las diimensiones verticales se acepta como un compromiso necesario para evitar que los modelos se vuelvan inviables o demasiado sensibles a efectos no deseados.

Otro aspecto crucial en la similitud geométrica es la rugosidad de las superficies que limitan el flujo. La rugosidad influye de manera significativa en el comportamiento del flujo, afectando la fricción, la turbulencia y, en consecuencia, las características generales del movimiento del agua. Por lo tanto, si se reduce el tamaño del modelo en una razón específica (por ejemplo, una décima parte del prototipo), es fundamental que la altura de las irregularidades de las superficies se reduzca en la misma proporción. Esta consistencia en la rugosidad asegura que las condiciones del flujo en el modelo sean comparables a las del

prototipo, minimizando errores en la estimación de factores clave como la resistencia al flujo y la dispersión de la energy.

La importancia de reproducir la rugosidad relativa se debe a que, en flujos a baja velocidad o con altos niveles de turbulencia, la interacción entre la superficie del lecho o las paredes y el fluido puede influir de manera significativa en la dinámica del flujo. Si las irregularidades de la superficie del modelo no se mantienen proporcionales al prototipo, los efectos de fricción y turbulencia podrían distorsionarse, lo cual afectaría la precisión de los resultados obtenidos en el laboratorio.

- **Similitud cinemática.**

La similitud cinemática se refiere a la correspondencia entre el comportamiento del flujo en un modelo a escala y su prototipo en términos de las trayectorias de las partículas y sus velocidades. Esta similitud se logra cuando las partículas de un fluido en el modelo siguen trayectorias que son geométricamente semejantes a las del prototipo, manteniendo proporciones y relaciones equivalentes. En otras palabras, no solo se trata de que las partículas se desplacen siguiendo caminos similares, sino que también es necesario que lo hagan con velocidades y aceleraciones proporcionadas, de manera que se pueda reproducir de forma confiable el movimiento observado en el sistema real.

Para que exista similitud cinemática, las partículas correspondientes en el modelo y el prototipo deben alcanzar puntos homólogos en momentos específicos y equivalentes. Esto implica que no basta con que las trayectorias sean semejantes; es fundamental que la evolución temporal de estas trayectorias también sea coherente entre ambos sistemas. Dicho de otro modo, si una partícula en el modelo alcanza un punto particular en un instante determinado, la partícula correspondiente en el prototipo debe llegar al punto homólogo en el mismo instante relativo, respetando así la proporción temporal establecida por la escala del modelo.

Desde una perspectiva matemática, las relaciones que permiten evaluar la similitud cinemática se expresan mediante razones de escala para la velocidad, la aceleración y el caudal. Estas relaciones son las siguientes:

$$vel.: \frac{v_m}{v_p} = \frac{L_m/T_m}{L_p/T_p} = \frac{L_r}{T_r}$$

$$acel.: \frac{a_m}{a_p} = \frac{L_m/{T_m}^2}{L_p/{T_p}^2} = \frac{L_r}{{T_r}^2}$$

$$caud.: \frac{Q_m}{Q_p} = \frac{{L_m}^3/T_m}{{L_p}^3/T_p} = \frac{{L_r}^3}{T_r}$$

En estas ecuaciones:

- vm y vp representan las velocidades en el modelo y el prototipo, respectivamente.
- am y ap son las aceleraciones en el modelo y el prototipo.
- Q y Qp son los caudales volumétricos en el modelo y el prototipo.
- Lr es la razón de escala lineal entre el modelo y el prototipo, mientras que Tr es la razón de escala temporal.

Estas relaciones muestran cómo las velocidades, aceleraciones y caudales se deben escalar proporcionalmente para preservar la similitud cinemática. La consistencia en estas proporciones asegura que el movimiento en el modelo refleje adecuadamente el comportamiento del prototipo, permitiendo extraer conclusiones válidas a partir de los resultados experimentales.

Sin embargo, es importante destacar que la similitud cinemática no puede existir de manera aislada si en el fenómeno intervienen fuerzas que dependen de propiedades del fluido, como la viscosidad, la tensión superficial o la compresibilidad. En estos casos, la similitud cinemática debe ir acompañada de una similitud dinámica, que garantice que las fuerzas que influyen en el movimiento del fluido en el modelo sean proporcionalmente equivalentes a las fuerzas que actúan en el prototipo. Esto implica que las fuerzas inerciales, gravitacionales,

viscosas y otras, deben mantener relaciones de proporcionalidad coherentes entre el modelo y el prototipo.

La similitud dinámica se logra cuando todas las fuerzas relevantes se escalan de manera que las relaciones adimensionales entre ellas, como las expresadas en números de Reyynolds, Frooude o Euler, sean equivalentes en ambos sistemas. Si no se logra esta semejanza dinámica, la similitud cinemática por sí sola no será suficiente para garantizar que los resultados obtenidos en el modelo sean representativos del comportamiento real del prototipo. Esto puede dar lugar a errores de interpretación y a predicciones incorrectas en el diseño y la evaluación de infraestructuras hidráulicas.

Por ejemplo, en situaciones donde la viscosidad tiene un papel fundamental, como en flujos con bajo número de Reyynolds, es imprescindible que la escala del modelo se ajuste para reflejar las relaciones entre las fuerzas viscosas y las inerciales. De manera similar, en casos donde las fuerzas gravitatorias son predominantes, como en flujos libres y en la formación de ondas, es crucial conservar la relación representada por el número de Frooude.

- **Similitud dinámica.**

E La similitud dinámica se alcanza entre un modelo y su prototipo cuando no solo existe una correspondencia geométrica y cinemática, sino también una equivalencia proporcional entre las fuerzas predominantes que actúan en ambos sistemas. Este tipo de similitud asegura que las relaciones entre las fuerzas homólogas en el modelo y el prototipo se mantengan constantes, permitiendo que los resultados experimentales obtenidos en el modelo se puedan extrapolar al prototipo real con una precisión adecuada.

En un sistema fluido, las principales fuerzas que intervienen incluyen las fuerzas viscosas, las fuerzas gravitacionales, las fuerzas elásticas, las fuerzas generadas por presión y las fuerzas debidas a la tensión superficial. A estas fuerzas se suma la fuerza de inercia, que

desempeña un papel fundamental en la dinámica de los fluidos. La similitud dinámica se logra cuando la relación entre estas fuerzas se mantiene proporcional entre el modelo y el prototipo, de modo que el comportamiento observado en el modelo sea representativo del sistema real.

En ensayos con modelos hidráulicos, es común centrarse en la fuerza predominante del sistema, que puede ser una de las mencionadas anteriormente, junto con la fuerza inercial. Esta simplificación permite abordar la dinámica del flujo de una manera más manejable, enfocándose en los factores más relevantes para el fenómeno que se está estudiando. Por ejemplo, en el caso de flujos libres, como los que ocurren en ríos o canales, las fuerzas gravitacionales y de inercia suelen ser las más importantes, mientras que en flujos con alta viscosidad, las fuerzas viscosas pueden tener un papel preponderante.

La segunda ley de Newton establece que la suma de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo es igual al producto de su masa y su aceleración (ΣF=ma). Esta ley se convierte en el principio fundamental para establecer la similitud dinámica entre un modelo y su prototipo. La relación matemática que se deriva de este principio se puede expresar de la siguiente manera:

$$\frac{\sum F(vis. \pm pres. \pm grav. \pm ten.sup. \pm elast)_m}{\sum F(vis. \pm pres. \pm grav. \pm ten.sup. \pm elast)_p} = \frac{M_m a_m}{M_p a_p}$$

En esta expresión:

- ΣF(vis., pres., grav., ten. sup., elast.)m representa la suma de todas las fuerzas relevantes en el modelo, que incluyen las fuerzas viscosas, gravitacionales, elásticas, generadas por presión y debidas a la tensión superficial.
- ΣF(vis., pres., grav., ten. sup., elast.)p se refiere a las mismas fuerzas pero en el prototipo.
- Mm y Mp son las masas del fluido en el modelo y en el prototipo, respectivamente.
- am y ap representan las aceleraciones correspondientes en el modelo y el prototipo.

La condición de similitud dinámica implica que las proporciones entre las fuerzas en el modelo sean equivalentes a las proporciones de fuerzas en el prototipo. Esta equivalencia asegura que el comportamiento dinámico del flujo en el modelo refleje de manera precisa el comportamiento en condiciones reales. Para lograr esta correspondencia, se emplean números adimensionales como el número de Reyynolds, el número de Frooude, el número de Weber y el número de Euler, entre otros, que permiten comparar las relaciones entre fuerzas de manera independiente de las unidades de medida.

En este contexto, cada número adimensional representa la relación entre diferentes tipos de fuerzas que influyen en el comportamiento del fluido. Por ejemplo, el número de Reyynolds establece la relación entre las fuerzas de inercia y viscosas, mientras que el número de Frooude compara las fuerzas inerciales con las gravitacionales. Estos números adimensionales proporcionan un marco teórico para evaluar si el modelo y el prototipo cumplen con las condiciones de similitud dinámica.

Sin una similitud dinámica adecuada, los resultados obtenidos en un modelo pueden no representar con precisión lo que ocurriría en el prototipo, lo cual podría conducir a errores en la interpretación y en el diseño de infraestructuras hidráulicas. Por ello, es fundamental que los experimentos en modelos a escala se planifiquen de manera que las fuerzas relevantes se mantengan en proporción con respecto al prototipo, garantizando así la validez de los resultados obtenidos.

En la práctica, la similitud dinámica no siempre es fácil de alcanzar, ya que puede ser complicado mantener la proporcionalidad entre todas las fuerzas relevantes, especialmente cuando intervienen propiedades del fluido como la viscosidad, la tensión superficial o la compresibilidad. Sin embargo, mediante el uso de los números adimensionales correctos y la selección de parámetros de escala adecuados, se puede lograr un grado aceptable de similitud que permita extrapolar los resultados del modelo al prototipo con confianza.

- **Número de Euler.**

El número de Euler es un parámetro adimensional que se utiliza para describir la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas de presión en un sistema fluido. Este número se convierte en un indicador clave para caracterizar fenómenos en los que las variaciones de presión tienen un papel dominante, lo cual es frecuente en aplicaciones hidráulicas que implican flujos confinados o estructuras donde las presiones internas son significativas. La utilidad del número de Euler radica en su capacidad para evaluar y comparar el comportamiento del flujo en un modelo a escala con el comportamiento del prototipo real, siempre que las fuerzas de inercia y las fuerzas de presión sean las principales influencias en el sistema.

El número de Euler se expresa matemáticamente como la razón entre las fuerzas de inercia y las fuerzas de presión, y se define de la siguiente manera:

$$\frac{M_a}{\rho A} = \frac{\rho L^3 * L/T^2}{\rho L^2} = \frac{\rho L^4 * (V/L)^2}{pL^2} = \frac{\rho V^2}{p}$$

En esta fórmula:

- ρ es la densidad del fluido.
- V es la velocidad característica del flujo.
- p es la presión del sistema.

Este parámetro es especialmente relevante en el estudio de flujos donde las variaciones de presión juegan un papel predominante en el comportamiento general del fluido. Esto es frecuente en sistemas de tuberías, válvulas, orificios y otras estructuras hidráulicas donde los gradientes de presión generan el movimiento del fluido y determinan la distribución de las velocidades y las líneas de corriente. En tales escenarios, el número de Euler permite mantener una correspondencia en las proporciones entre las fuerzas de inercia y de presión entre el modelo y el prototipo, asegurando que las conclusiones obtenidas del modelo sean aplicables al sistema real.

Desde una perspectiva técnica, la definición del número de Euler implica que, para sistemas en los que las fuerzas viscosas son relativamente insignificantes, el comportamiento del flujo dependerá principalmente de la interacción entre la presión y la inercia del fluido. Esto se traduce en un movimiento del fluido que mantiene una configuración estable de las líneas de corriente, sin cambios bruscos en la forma del flujo, lo cual facilita el análisis y la modelización.

La importancia del número de Euler se hace evidente en problemas de flujo a presión, donde los gradientes de presión impulsan el movimiento del fluido. Ejemplos típicos de tales problemas incluyen flujos en tuberías, donde las caídas de presión a lo largo del conducto determinan la velocidad del fluido; orificios y boquillas, donde la presión impulsora genera una aceleración del fluido; válvulas y compuertas, que regulan el paso del agua mediante cambios de presión localizados; y estructuras que experimentan una distribución de presión no uniforme, como obstáculos o cuerpos sumergidos en el flujo.

La relevancia del número de Euler en estos casos radica en su capacidad para comparar situaciones de flujo en diferentes sistemas, permitiendo determinar si las relaciones entre presión e inercia se mantienen constantes en distintas escalas. Esta comparación es fundamental cuando se llevan a cabo estudios en modelos a escala, ya que garantiza que los efectos de las fuerzas de presión y de inercia observados en el modelo sean representativos del comportamiento del prototipo.

- **Número de Reyynolds.**

El número de Reyynolds es un parámetro adimensional fundamental que se utiliza para describir la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas en un fluido. Este número adquiere una especial relevancia en sistemas donde las fuerzas viscosas influyen de manera significativa en el comportamiento del flujo, particularmente en situaciones donde las

velocidades son relativamente bajas. La importancia de la viscosidad radica en su efecto sobre la estabilidad del flujo y su capacidad para disipar energy, lo que determina si el flujo se comportará de manera laminar, transicional o turbulenta.

Desde una perspectiva técnica, el número de Reyynolds se define matemáticamente como:

$$Re = \frac{\text{Fuerzas de inercia}}{\text{Fuerzas viscosas}} = \frac{\rho V L}{\mu}$$

En esta fórmula:

- ρ es la densidad del fluido.
- V representa la velocidad característica del flujo.
- L es una longitud característica del sistema, como el diámetro de una tubería o la longitud de un perfil aerodinámico.
- μ es la viscosidad dinámica del fluido, que mide su resistencia al movimiento.

El número de Reyynolds proporciona una medida relativa de la magniitud de las fuerzas de inercia en comparación con las fuerzas viscosas, y su valor permite identificar el régimen de flujo en el que se encuentra el sistema. Por ejemplo, en flujos laminares, el número de Reyynolds tiende a ser bajo, lo que indica que las fuerzas viscosas predominan sobre las inerciales, resultando en un flujo ordenado y suave. Por otro lado, en flujos turbulentos, el número de Reyynolds es elevado, lo que sugiere que las fuerzas de inercia son significativamente mayores que las fuerzas viscosas, dando lugar a movimientos caóticos y fluctuaciones aleatorias en el fluido.

En términos matemáticos, la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas se puede expresar como:

$$\frac{M_a}{\tau A} = \frac{\rho L^3}{u(dV/dy)L^2} = \frac{\rho L^4 * (V/L)^2}{u(V/L)L^2} = \frac{\rho VL}{u} = \frac{VL}{u}$$

En esta expresión, ν representa la viscosidad cinemática, que se define como la razón entre la viscosidad dinámica μ y la densidad ρ, es decir, ν=μ\ρ

El número de Reyynolds se convierte en un criterio clave de semejanza dinámica cuando se estudian modelos a escala y prototipos reales, ya que permite comparar el comportamiento de los fluidos bajo diferentes condiciones y escalas. Mantener un valor de Reyynolds constante entre el modelo y el prototipo garantiza que los efectos de la viscosidad y la inercia se representen adecuadamente en ambos sistemas. Esto es crucial para obtener resultados precisos y extrapolables en experimentos o simulaciones, especialmente cuando se evalúan dispositivos o estructuras en contacto con un flujo de fluido, como aeronaves, vehículos submarinos, medidores de caudal y conductos de transporte.

En aplicaciones prácticas, el número de Reyynolds es utilizado para clasificar el régimen de flujo en conductos, canales y alrededor de cuerpos sumergidos. Por ejemplo:

- Cuando el número de Reyynolds es inferior a un umbral crítico, generalmente alrededor de 2300, el flujo tiende a ser laminar, caracterizado por un movimiento suave y ordenado en el que las partículas de fluido siguen trayectorias paralelas.
- En rangos intermedios, el flujo se considera transicional, lo que implica que pequeñas perturbaciones pueden dar lugar a la aparición de turbulencias de manera gradual.
- Para valores de Reyynolds mayores a 4000, el flujo se describe como turbulento, lo cual se manifiesta en movimientos desordenados, con una transferencia de energy y mezcla de partículas de fluido mucho más intensas.

Además, el número de Reyynolds desempeña un papel central en el diseño de equipos y estructuras hidráulicas, ya que influye en la capacidad de predecir y controlar el comportamiento del flujo en condiciones específicas. Por ejemplo, en sistemas de tuberías, el número de Reyynolds determina la elección de los materiales y el diseño de los codos y

accesorios, mientras que en estudios aerodinámicos, su valor es crítico para definir las condiciones de prueba en túneles de viento.

- **Número de Frooude.**

El número de Frooude es un parámetro adimensional clave en la mecánica de fluidos, que se utiliza para describir la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas gravitatorias en sistemas donde la gravedad tiene una influencia significativa sobre el comportamiento del flujo. Este número es especialmente relevante en el estudio de flujos a superficie libre y en situaciones donde la velocidad del fluido es relativamente elevada, como ocurre en ríos, canales, vertederos, saltos hidráulicos y corredores de desagüe. En estos casos, la fuerza gravitatoria actúa como el principal factor que determina la dirección y el comportamiento del flujo, mientras que las fuerzas inerciales responden a la aceleración y desplazamiento del fluido bajo la influencia de la gravedad.

Desde un punto de vista técnico, el número de Frooude se define como la razón entre la velocidad del flujo y la raíz cuadrada del producto entre la aceleración de la gravedad y una longitud característica. Matemáticamente, se expresa de la siguiente manera:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$

En esta fórmula:

- V es la velocidad característica del flujo.
- g representa la aceleración debida a la gravedad.
- L es una longitud característica del sistema, como la profundidad hidráulica en un canal o la longitud de un vertedero.

El número de Frooude permite analizar y predecir fenómenos en los que la gravedad es el principal factor determinante del movimiento del fluido. Este parámetro resulta fundamental

para comprender y clasificar el régimen de flujo en canales abiertos y estructuras hidráulicas. Por ejemplo, cuando Fr<1, el flujo se denomina subcrítico, lo que indica que la influencia de la gravedad es predominante y la velocidad del fluido es relativamente baja. En este régimen, el flujo se caracteriza por ser estable y responder de manera significativa a las alteraciones en la superficie del agua, como ondas y cambios de pendiente.

Por otro lado, cuando Fr>1, el flujo se clasifica como supercrítico, lo que significa que las fuerzas inerciales son dominantes y el fluido se desplaza a una velocidad elevada en relación con la gravedad. En estos casos, el flujo se caracteriza por ser rápido, con una superficie del agua más uniforme y menos afectada por las perturbaciones en la base o las variaciones en la pendiente. Este tipo de flujo es común en saltos hidráulicos, donde la transición de un régimen supercrítico a uno subcrítico genera una disipada considerable de energy.

El valor de Fr=1 marca la condición de flujo crítico, un estado intermedio en el que las fuerzas de inercia y las fuerzas gravitatorias están en equilibrio. Esta condición es especialmente relevante en el diseño de vertederos y esclusas, ya que define un punto de inflexión en el comportamiento del flujo, en el que pequeñas alteraciones en la velocidad o en la pendiente pueden inducir una transición hacia un régimen subcrítico o supercrítico.

El análisis mediante el número de Frooude permite a los ingenieros y diseñadores evaluar y comparar el comportamiento del flujo en diferentes escalas, asegurando la similitud dinámica entre modelos físicos y prototipos reales. Esta similitud es fundamental en estudios de modelos hidráulicos, ya que garantiza que los efectos de la gravedad y la inercia se representen de manera consistente en ambas escalas. Además, el número de Frooude se convierte en un criterio de referencia para evaluar la estabilidad del flujo, la formación de ondas y la presencia de fenómenos de transición como los saltos hidráulicos.

El número de Frooude también cobra importancia en aplicaciones específicas, como en el diseño de canales de desagüe, donde permite evaluar si el flujo se mantendrá en un régimen

estable o si se desarrollarán condiciones de alta velocidad que puedan inducir erosión o daños en las estructuras. De manera similar, en estudios de flujos fluviales, el número de Frooude se emplea para analizar la capacidad de transporte de sedimentos y la interacción entre la corriente y las obras de protección o encauzamiento.

Desde una perspectiva teórica, el número de Frooude se puede derivar a partir de la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas gravitatorias:

$$\frac{M_a}{M_g} = \frac{\rho L^3 * L/T^2}{\rho L^3 g} = \frac{\rho L^4 * (V/L)^2}{\rho L^3 g} = \frac{V^2}{gL}$$

Esta expresión ilustra que el número de Frooude cuantifica la magniitud relativa de las fuerzas inerciales en comparación con las fuerzas gravitatorias, lo cual resulta clave para determinar el régimen de flujo y su respuesta a diferentes condiciones. En casos de flujos a superficie libre, donde los efectos de la viscosidad son insignificantes, el número de Frooude se convierte en el principal parámetro de referencia, ya que las características del flujo dependen principalmente de la interacción entre la velocidad y la gravedad.

- **Relaciones de escala basadas en la semejanza.**
    - Relaciones de escala en sistemas a presión

En los sistemas a presión, donde los efectos viscosos son predominantes, la semejanza se verifica utilizando el número de Reyynolds. La fuerza de inercia y las fuerzas viscosas juegan un papel determinante, por lo que es esencial asegurar que la relación de Reyynolds se mantenga constante entre el modelo y el prototipo para preservar la dinámica del flujo.

La relación de Reyynolds se expresa matemáticamente como:

$$\frac{V_m L_m}{v_m} = \frac{V_p L_p}{v_p}$$

Donde:

- Vm y Vp son las velocidades características en el modelo y el prototipo, respectivamente.
- Lm y Lp representan las longitudes características.
- νm y νp son las viscosidades cinemáticas en el modelo y el prototipo.

Dado que se debe mantener la igualdad de Reyynolds, se obtiene:

$$\frac{V_r L_r}{v_r} = 1$$

Donde Vr es la razón de velocidad, Lr es la razón de escala lineal, yvr es la razón de viscosidad cinemática. Despejando Vr:

$$V_r = \frac{v_r}{L_r}$$

A partir de esta relación, se pueden derivar otras escalas importantes, como la escala de tiempo (Tr) y la escala de aceleración ar):

$$T_r = \frac{L_r}{V_r} = \frac{L_r}{(\frac{v_r}{L_r})} = \frac{{L_r}^2}{v_r}$$

$$a_r = \frac{L_r}{{T_r}^2} = \frac{L_r}{(\frac{{L_r}^2}{v_r})^2} = \frac{{v_r}^2}{{L_r}^3}$$

Estas relaciones muestran cómo las escalas de tiempo y aceleración dependen de la razón de longitud y de la viscosidad. Otras relaciones fundamentales incluyen el caudal (Qr), la fuerza (Fr) y la presión (Pr):

$$Q_r = A_r V_r = {L_r}^2 \frac{v_r}{L_r} = v_r L_r$$

$$F_r = m_r a_r = \rho_r {L_r}^3 \frac{{v_r}^2}{{L_r}^3} = \rho_r {v_r}^2$$

$$P_r = \frac{F_r}{A_r} = \frac{\rho_r {v_r}^2}{{L_r}^2}$$

- Relaciones de escala en sistemas de superficie libre

En los sistemas de flujo a superficie libre, como ríos, canales o vertederos, la fuerza gravitatoria es la predominante. Por lo tanto, la semejanza se verifica utilizando el número de Frooude. En estos casos, las fuerzas gravitatorias determinan en gran medida el comportamiento del flujo, y es fundamental preservar la similitud de Frooude entre el modelo y el prototipo.

La relación de Frooude se expresa matemáticamente como:

$$\frac{V_m}{\sqrt{g_m L_m}} = \frac{V_p}{\sqrt{g_p L_p}}$$

$$\frac{V_r}{\sqrt{g_r L_r}} = 1$$

Dado que en la mayoría de los casos el modelo y el prototipo se encuentran en el mismo entorno, se puede asumir que la aceleración de la gravedad es constante (gr=1). Por lo tanto, la relación de velocidades se simplifica a:

$$V_r = {L_r}^{1/2}$$

A partir de esta relación, se pueden derivar otras escalas importantes, como la escala de tiempo (Tr) y la escala de aceleración (ar):

$$T_r = \frac{L_r}{V_r} = \frac{L_r}{({L_r}^{1/2})} = {L_r}^2$$

$$a_r = g_r = 1$$

En estos sistemas, el caudal (Qr), la fuerza (Fr) y la presión (Pr) también se pueden expresar en función de las relaciones de longitud y velocidad:

$$Q_r = A_r V_r = {L_r}^2 {L_r}^{1/2} = {L_r}^{5/2}$$

$$F_r = m_r a_r = \rho_r {L_r}^3 g_r = \gamma_r {L_r}^3$$

$$P_r = \frac{F_r}{A_r} = \frac{\gamma_r {L_r}^3}{{L_r}^2} = \gamma_r L_r$$

Las relaciones derivadas de las semejanzas de Reyynolds y Frooude permiten asegurar que los modelos a escala mantengan las proporciones adecuadas de fuerzas con respecto al prototipo, lo que garantiza que los fenómenos físicos se representen correctamente en los experimentos. Al asumir que las propiedades del fluido, como la densidad (ρ), el peso específico (γ) y la viscosidad cinemática (ν), se mantienen constantes entre el modelo y el prototipo, se pueden simplificar estas relaciones para facilitar la comparación y extrapolación de los resultados obtenidos en el laboratorio a situaciones reales.

Tabla 4

Reelacionees dee Mag. Basadas en las Similiitudes de Reyynolds y Frooude

Magniitud Fisica	Ley de similitud	
	Reyynolds	Frooude
Long.	L_r	L_r
Ár.	L_r^2	L_r^2
Volumen	L_r^3	L_r^3
Velocidad	$1/L_r$	$L_r^{1/2}$
Tiempo	L_r^2	$L_r^{1/2}$
Aceleración	$1/L_r^3$	1

Referencia: Creación autónoma

4.4.1.1.4. Evaluacion y analis. dimensional del fenómeno físico

El análisis dimensional constituye una herramienta esencial en la tesis de modelos físicos a escala reducida, ya que facilita la comprensión de los fenómenos involucrados al descomponer las magniitudes físicas relevantes en variiables fundamentales. Este enfoque permite identificar relaciones adimensionales clave y verificar la coherencia de las unidades en

los cálculos, lo cual es crucial para garantizar que los resultados obtenidos en el modelo sean representativos del comportamiento del prototipo en condiciones reales.

El objetivo de esta tesis es analizar la disipación de energy que ocurre en un salto hidráulico tipo rampa-esquí, así como las características de las presiones y las longitudes que se ven afectadas por el caudal de operación, las variaciones en el radio del cucharón y el ángulo de salida del chorro. Estas variiables juegan un papel determinante en el comportamiento del flujo y en la interacción del chorro con la estructura, lo que afecta directamente la eficiencia y la estabilidad de la infraestructura.

El análisis se centra en dos parámetros fundamentales: la energy aguas abajo del aliviadero y las presiones internas generadas en el cucharón. La energy remanente tras el salto hidráulico, medida aguas abajo, influye en la capacidad del sistema para disipar la energy del flujo y minimizar los efectos de erosión y socavación en las estructuras de contención y el lecho del cauce. Las presiones generadas dentro del cucharón afectan la integridad estructural y la resistencia de los materiales empleados, especialmente cuando se producen fluctuaciones de presión significativas debido a condiciones de flujo transitorias o inestables.

Para llevar a cabo el análisis dimensional, se consideran las variiables representadas en el dibujo 49.0, donde se destacan aspectos como el caudal volumétrico (Q), el radio del cucharón (R), el ángulo de salida del chorro (θ), las velocidades características (V) y las longitudes afectadas (L). La metodología utilizada implica identificar las magniitudes fundamentales que intervienen en el fenómeno, como la longitud, el tiempo, la masa y la aceleración debido a la gravedad. A partir de estas magniitudes, se construyen parámetros adimensionales que permiten evaluar las interacciones entre las distintas variiables.

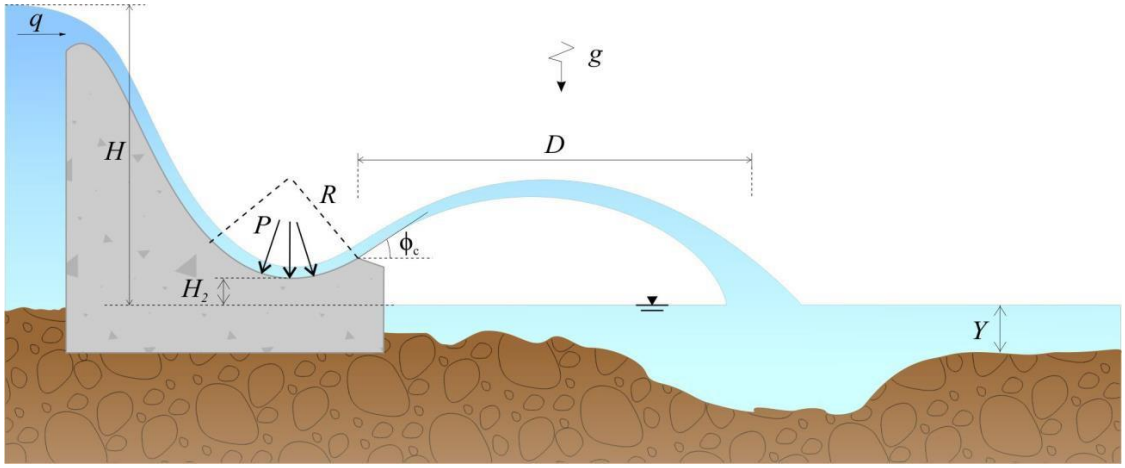
El proceso comienza con la definición de relaciones adimensionales basadas en criterios de similitud, como los números de Reyynolds y Frooude, que permiten comparar el

comportamiento del flujo en diferentes escalas y condiciones. Por ejemplo, el número de Frooude se utiliza para caracterizar la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitatorias, que son predominantes en los flujos a superficie libre como los que se presentan en el salto hidráulico. De manera similar, el número de Reyynolds proporciona una medida de la relación entre las fuerzas de inercia y viscosidad, lo cual resulta relevante en situaciones donde la viscosidad del fluido tiene un impacto considerable en la disipación de energy.

A través del análisis dimensional, se busca formular relaciones matemáticas que vinculen las variiables involucradas, de manera que se pueda predecir el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones de operación. Por ejemplo, se pueden establecer expresiones adimensionales para la energy específica aguas abajo del aliviadero, considerando la velocidad del flujo y la altura del agua. Además, se puede analizar la influencia de parámetros geométricos como el radio del cucharón y el ángulo de salida del chorro en la distribución de las presiones internas, empleando fórmulas derivadas del análisis de fuerzas y momentos.

En el contexto de esta tesis, el análisis dimensional permite identificar incompatibilidades en las unidades de las ecuaciones empleadas, así como posibles omisiones de variiables importantes que puedan influir en el fenómeno físico en cuestión. Esta etapa es crucial para garantizar la validez de los resultados experimentales y evitar errores de interpretación que puedan comprometer la precisión de las conclusiones obtenidas.

Dibujo 49
Coeficientes necesarios para la realización de su análiisis dimensiional.



Referencia: Creación autónoma.

Los parámetros a evaluar son los siguientes:

q : Caudal unitario ($m^2/s/m$)

R : Rad. del cucharón (m)

g : Acel. de la grav. (m/s^2)

ρ : Densidad del fluido (kg/m^3)

Φ_c : Áng. de sal. del chorro (°)

H : Dieferencia de nieveles entre el embaalse y el caauce H2Oas abaajo (m)

H2 : Elevaación del salto de esquií (m)

Y : Tiraante o caalado H2Os abajo (m)

P : Preesión en el cuucharón (kg/m^2)

- **Análisis dimensional para la presión.**

Paso 1: Realizar 1 listado de parámeetros y contaarlos.

$$P = f(q, R. g, \rho, \varphi_c, H, H_2)$$

Existen 8 var. definidas, entonces, *numero de variiables* = 8

Paso 2: Elabora un listado de las diimensiones primarias correspondientes a cada uno de los n parámetros.

Tabla 5

Diimensiones de Variables para el Análisis de Presiones

Símbolo	Diimensiones			
	MLTO			
	M	L	T	O
q	-	2	-1	-
R	-	1	-	-
g	-	1	-2	-
ρ	1	-3	-	-
φ_c	-	-	-	-
H	-	1	-	-
H_2	-	1	-	-
P	1	-1	-2	-

Referencia: Creación autónoma.

Paso 3: C En esta etapa del análisis dimensional, el objetivo es determinar el número de diimensiones fundamentales, denotado como j, presentes en los parámetros que se están evaluando. En este caso particular, dado que los parámetros en cuestión se expresan únicamente mediante tres diimensiones fundamentales —longitud (L), masa (M) y tiempo (T)— se puede establecer que j=3. Esta identificación de las diimensiones primarias es crucial, ya que establece la base sobre la cual se construirán los grupos adimensionales.

A partir de esta información, se procede a aplicar la fórmula general del Teorema de Buckingham:

$$k=n-j$$

Donde:

- n representa el número total de parámetros considerados en el análisis.
- j denota el número de diimensiones fundamentales involucradas.
- k indica el número de grupos adimensionales que se espera obtener.

En este caso, se ha determinado que el número total de parámetros n es igual a 8, mientras que el valor de j se ha establecido como 3. Al sustituir estos valores en la fórmula, se obtiene:

$$k=8-3=5$$

Por lo tanto, se espera la formación de cinco grupos adimensionales Π. Estos grupos adimensionales resultantes son fundamentales, ya que proporcionan un marco de referencia para analizar la relación entre las variiables del sistema sin depender de las unidades de medida específicas. Los grupos Π permiten reducir la complejidad del sistema estudiado al combinar los parámetros originales en nuevas expresiones que son independientes de las magniitudes físicas utilizadas.

El siguiente paso consiste en identificar y construir los grupos adimensionales de manera sistemática, utilizando los parámetros repetitivos y asegurando que cada combinación cumpla con las condiciones de dimensionalidad neutra. Estos grupos Π facilitan el análisis al proporcionar una representación simplificada del fenómeno, lo que permite identificar las relaciones esenciales entre las diferentes variiables y comprender mejor los factores que influyen en el sistema.

Paso 4: En este paso, se deben elegir los parámetros repetitivos necesarios para construir cada uno de los grupos adimensionales Π. De acuerdo con las directrices establecidas, se seleccionan tres parámetros fundamentales: la aceleración gravitacional (gg), el radio del cucharón () y la densidad del fluido (ρ). Estos parámetros repetitivos se escogen por cumplir con las condiciones de no ser adimensionales por sí mismos y cubrir todas las magniitudes fundamentales involucradas en el fenómeno en estudio.

Paso 5: Una vez identificados los parámetros repetitivos, se procede a generar cada uno de los grupos adimensionales Π de forma secuencial. La metodología consiste en combinar los parámetros repetitivos (g, R, ρ) con uno de los parámetros restantes de forma que el producto final sea adimensional. Esto se logra ajustando los exponentes de las diimensiones para obtener una unidad neutra.

- **Grupo adimensional Π1**:

Se selecciona P (presión) como parámetro para construir Π1 . La combinación se realiza de la siguiente forma:

$$\pi_1 = g^a R^b \rho^c P$$

La combinación de diimensiones se expresa como:

$$(LT^{-2})^a (L)^b (ML^{-3})^c (ML^{-1}T^{-2}) = M^0 L^0 T^0$$

Al igualar los exponentes de cada dimensión fundamental (masa, longitud y tiempo), se obtiene:

- **Masa**: c+1=0
- **Longitud**: a+b−3c−1=0
- **Tiempo**: −2a−2=0

Resolviendo este sistema, se obtiene a=−1, b=− y c=−1. Por lo tanto:

$$\Pi_1 = \frac{P}{R\rho g} = \frac{P}{R\gamma}$$

- **Grupo adimensional Π2**:

Se selecciona q (caudal unitario) como parámetro para construir Π2. La combinación se realiza de la siguiente forma:

La combinación de diimensiones se expresa como:

$$(LT^{-2})^a (L)^b (ML^{-3})^c (ML^{-1}T^{-2}) = M^0 L^0 T^0$$

Igualando los exponentes de cada dimensión:

- **Masa**: c=0
- **Longitud**: a+b+2=0
- **Tiempo**: −2a−1=0

Resolviendo, se obtiene a=−1/2, b=−3/2, y c=0. Por lo tanto:

$$\pi_2 = \frac{q}{\sqrt{R^3 g}}$$

- **Grupo adimensional Π3**:

Se selecciona el ángulo de salida del chorro Φc) como parámetro para construir Π3. La combinación se realiza de la siguiente forma:

$$\pi_3 = g^a R^b \rho^c \varphi_c$$

La combinación de diimensiones se expresa como:

$$(LT^{-2})^a (L)^b (ML^{-3})^c (Adimensional) = M^0 L^0 T^0$$

Igualando los exponentes de cada dimensión:

- **Masa**: c=0
- **Longitud**: a+b=0
- **Tiempo**: −2a=0

Resolviendo, se obtiene a=0, b=0, y c=0. Por lo tanto:

Π3=Φc

- **Grupo adimensional Π4**:

Se selecciona H (diferencia de niveles) como parámetro para construir Π4. La combinación se realiza de la siguiente forma:

$$\pi_4 = g^a R^b \rho^c H$$

La combinación de diimensiones se expresa como:

$$(LT^{-2})^a (L)^b (ML^{-3})^c (L) = M^0 L^0 T^0$$

Igualando los exponentes de cada dimensión:

- **Masa**: c=0
- **Longitud**: a+b+1=0
- **Tiempo**: −2a=0

Resolviendo, se obtiene a=0, b=−1, y c=0. Por lo tanto:

$$\pi_4 = \frac{H}{R}$$

- **Grupo adimensional Π5**:

Se selecciona H2 (elevación del salto) como parámetro para construir Π5. La combinación se realiza de la siguiente forma:

$$\pi_5 = g^a R^b \rho^c H_2$$

La combinación de diimensiones se expresa como:

$$(LT^{-2})^a (L)^b (ML^{-3})^c (L) = M^0 L^0 T^0$$

Igualando los exponentes de cada dimensión:

- **Masa**: c=0
- **Longitud**: a+b+1=0
- **Tiempo**: −2a=0

Resolviendo, se obtiene a=0, b=−1, y c=0. Por lo tanto:

$$\pi_5 = \frac{H_2}{R}$$

Paso 6: Establecimiento de la relación funcional final

Una vez construidos todos los grupos adimensionales iΠ, se procede a formular la relación funcional final que describe la interacción entre las variiables del sistema. En este caso, se tiene:

$$\frac{P}{R\gamma} = f\left(\frac{q}{\sqrt{R^3 g}}, \varphi_c, \frac{H}{R}, \frac{H_2}{R}\right)$$

Esta relación funcional proporciona una descripción completa del sistema, permitiendo identificar cómo las diferentes variiables físicas interactúan entre sí y facilitando la extrapolación de los resultados obtenidos en un modelo físico al prototipo real.

- **Análisis dimensional para el tirante o calado H2Os abajo.**

En este proceso de análisis dimensional, se busca establecer las relaciones entre las variiables involucradas en el estudio del tirante o calado aguas abajo (YYY) utilizando las técnicas

del teorema de Buckingham y criterios de similitud. Para ello, se considera el siguiente enfoque sistemático:

Paso 1: Identificación de los parámetros relevantes

Primero, se elabora una lista de todos los parámetros que influyen en el fenómeno a estudiar, denotando al tirante aguas abajo (Y) como una función de los parámetros relevantes:

$$Y = f(q, R.g, \rho, \varphi_c, H, H_2)$$

En esta lista, q representa el caudal unitario, R el radio del cucharón, g la aceleración debida a la gravedad, ρ la densidad del fluido, Φc el ángulo de salida del chorro, H la diferencia de niveles entre el embalse y el cauce, y H2 la elevación del salto de esquí. En total, se cuenta con ocho variiables independientes, lo que nos indica que n=8.

Paso 2: Asignación de diimensiones fundamentales a cada parámetro

En este paso, se asignan las diimensiones fundamentales a cada uno de los parámetros mencionados, como se presenta en la Tabla 6:

Tabla 6

Diimensiones de las Variiables para el Análisis de Presiones en la Estructura del Modelo

Símbolo	Diimensiones			
	MLTO			
	M	L	T	O
q	-	2	-1	-
R	-	1	-	-
g	-	1	-2	-
ρ	1	-3	-	-
φ_c	-	-	-	-
H	-	1	-	-
H_2	-	1	-	-
Y	-	1	-	-

Referencia: Creación autónoma.

Paso 3: Cálculo del valor de j

Dado que en los parámetros analizados se identifican tres diimensiones fundamentales (masa, longitud y tiempo), se establece que j=3. Utilizando la fórmula del teorema de Buckingham:

$$k=n-j=8-3=5$$

Esto indica que se espera obtener un total de cinco grupos adimensionales Π.

Paso 4: Selección de los parámetros repetitivos

De acuerdo con los lineamientos para la selección de parámetros repetitivos, se eligen tres parámetros que no sean adimensionales y que cubran todas las magniitudes fundamentales. Los parámetros seleccionados son: g, R y ρ.

Paso 5: Construcción de los grupos adimensionales

A partir de los parámetros repetitivos seleccionados, se procede a construir los grupos adimensionales Π de manera sistemática:

Grupo adimensional Π6:

Se selecciona Y como parámetro a combinar:

$$\pi_6 = g^a R^b \rho^c Y$$

Expresando las diimensiones de cada parámetro:

$$(LT^{-2})^a (L)^b (ML^{-3})^c (L) = M^0 L^0 T^0$$

Igualando los exponentes de las diimensiones fundamentales:

- **Masa**: $c=0c = 0c=0$
- **Longitud**: $a+b-3c+1=0a + b - 3c + 1 = 0a+b-3c+1=0$
- **Tiempo**: $-2a=0-2a = 0-2a=0$

Resolviendo este sistema se obtiene: $a=0$, $b=-1$, y $c=0$. Por lo tanto:

$$\pi_6 = \frac{Y}{R}$$

Grupo adimensional Π7:

Se selecciona q como parámetro a combinar:

$$\pi_7 = g^a R^b \rho^c Y$$

Expresando las diimensiones de cada parámetro:

$$(LT^{-2})^a (L)^b (ML^{-3})^c (LT^{-1}) = M^0 L^0 T^0$$

Igualando los exponentes de las diimensiones fundamentales:

- **Masa**: c=0
- **Longitud**: a+b+2=0
- **Tiempo**: −2a−1=0

Resolviendo este sistema se obtiene: a=−1/2, b=−3/, y c=0. Por lo tanto:

$$\pi_7 = \frac{q}{\sqrt{R^3 g}}$$

Grupo adimensional Π8:

Se selecciona Φc como parámetro a combinar:

$$\pi_8 = g^a R^b \rho^c \varphi_c$$

Expresando las diimensiones de cada parámetro:

$$(LT^{-2})^a (L)^b (ML^{-3})^c (Adimensional) = M^0 L^0 T^0$$

Igualando los exponentes de las diimensiones fundamentales:

- **Masa**:c=0
- **Longitud**: a+b=0
- **Tiempo**: −2a=0

Resolviendo este sistema se obtiene: a=0, =0, y c=0. Por lo tanto:

$$\pi_8 = g^0 R^0 \rho^0 \varphi_c$$

$$\pi_8 = \varphi_c$$

Grupo adimensional Π9:

Se selecciona H como parámetro a combinar:

$$\pi_9 = g^a R^b \rho^c H$$

Expresando las diimensiones de cada parámetro:

$$(LT^{-2})^a(L)^b(ML^{-3})^c(L) = M^0L^0T^0$$

Igualando los exponentes de las diimensiones fundamentales:

- **Masa**: c=0
- **Longitud**: a+b+1=0
- **Tiempo**: −2a=0

Resolviendo este sistema se obtiene: a=0, b=−1, y c=0. Por lo tanto:

$$\pi_9 = g^0R^{-1}\rho^0H$$

$$\pi_9 = \frac{H}{R}$$

Grupo adimensional Π10:

Se selecciona H2 como parámetro a combinar:

$$\pi_{10} = g^aR^b\rho^cH_2$$

Expresando las diimensiones de cada parámetro:

$$(LT^{-2})^a(L)^b(ML^{-3})^c(L) = M^0L^0T^0$$

Igualando los exponentes de las diimensiones fundamentales:

- **Masa**:c=0
- **Longitud**: a+b+1=0
- **Tiempo**: −2a=0

Resolviendo este sistema se obtiene: a=0, b=−1, y c=0. Por lo tanto:

$$\pi_{10} = g^0R^{-1}\rho^0H_2$$

$$\pi_{10} = \frac{H_2}{R}$$

Paso 6: Formulación de la relación funcional final

Finalmente, se establece la relación funcional que describe el fenómeno en estudio, tomando como base los grupos adimensionales construidos:

$$\frac{Y}{R} = f\left(\frac{q}{\sqrt{R^3 g}}, \varphi_c, \frac{H}{R}, \frac{H_2}{R}\right)$$

Esta relación funcional permite identificar y analizar cómo interactúan las diferentes variiables del sistema, asegurando que los resultados obtenidos en el modelo puedan ser extrapolados al prototipo real mediante las **relaciones de similitud adimensional**.

4.4.1.2. Diseño de las estructuras que componen el aliviadero

4.4.1.2.1. Aliviadero que se ajusta al perfil de la lámina vertiente.

Para el diseño del aliviadero, se ha decidido emplear un enfoque que considere las condiciones y características de las presas en la región de Cusco. Dado que el aliviadero debe cumplir con los requisitos hidráulicos propios de la zona, se ha seleccionado un caudal de diseño de 5000 m³/s para el prototipo, acorde con presas que presentan una pantalla de 80 m de altura en el aliviadero y una altura total de la represa de 240 m. Estas diimensiones permiten abordar el diseño del aliviadero bajo condiciones reales y obtener resultados fiables al modelar su comportamiento.

En este caso, debido a que el aliviadero se encuentra dentro de un sistema de superficie libre, donde las fuerzas gravitacionales ejercen una influencia significativa, se ha adoptado la similitud de Frooude como criterio principal para el modelado. La escala de estudio seleccionada es de 1/100, lo cual implica que la razón de longitud entre el modelo y el prototipo es:

$$L_r = \frac{L_m}{L_p} = \frac{1}{100}$$

$$\frac{Q_m}{Q_p} = {L_r}^{5/2}$$

$$Q_m = 5000 * \left(\frac{1}{100}\right)^{\frac{5}{2}} = \frac{0.5m^3}{s} = 50.0\ l/s$$

Por otro lado, el acho del aliviadero real es de 45.7m, lo cual se escala de la siguiente manera para tener la dimensión requerida:

$$\frac{Lc_m}{Lc_p} = \frac{1}{100} \rightarrow Lc_m = \frac{Lc_p}{100} = \frac{45.7}{100} = 45.7cm$$

Para el cálculo del tirante de diseño (H0), se ha utilizado un coeficiente de descarga inicial tentativo (C) de 2.0, lo cual permite establecer la manera de estructurar la rampa del aliviadero. La fórmula de caudal descargado por un vertedero se expresa como:

$$Q = CLH_0{}^{3/2}$$

Despejando para obtener el valor tentativo de H0:

$$\rightarrow H_0 = \left(\frac{Q}{CL}\right)^{\frac{3}{2}} = \left(\frac{5000}{2 * 45.7}\right)^{\frac{2}{3}} = 14.411m$$

Posteriormente, se calcula la relación de altura del aliviadero respecto al tirante (P/H0):

$$\frac{P}{H_0} = \frac{20.00}{14.411} = 1.388$$

Verificando esta relación en el monograma de la Figura 4.4, se obtiene un nuevo valor para el coeficiente de descarga C=2.16. Con este nuevo valor, se realiza una actualización del tirante de diseño (H0i):

$$H_{oi} = \left(\frac{Q}{CL}\right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{5000}{2.16 * 45.7}\right)^{\frac{2}{3}} = 13.69m$$

Como H0i difiere de H0, es necesario realizar varias iteraciones para ajustar el valor de C y obtener el tirante definitivo (H0). Luego de las iteraciones correspondientes, los valores finales son:

$$C = 2.162$$

$$H_0 = H_d = 13.68\, m$$

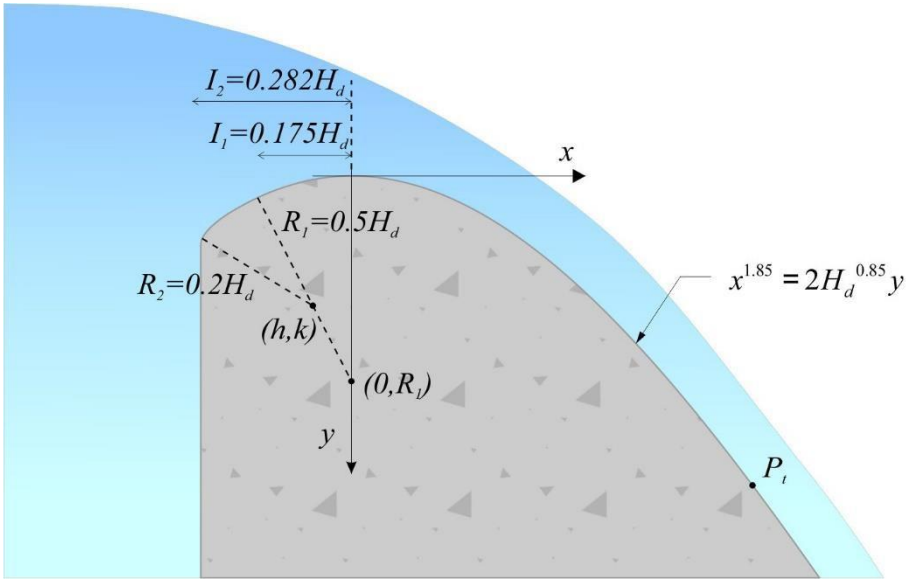
$$\frac{P}{H_0} = 1.462$$

En el diseño se empleará un perfil WES con un paramento vertical aguas arriiba para asegurar una descarga eficiente del flujo. La adopción del perfil WES se fundamenta en su capacidad para reducir las fluctuaciones de presión y controlar la formación de vórtices en el aliviadero, garantizando la estabilidad estructural.

4.4.1.2.2. Geometría H2Os arriiba de la cresta.

Dibujo 50

Parametros en la sección vertical H2Os arriiba.



Referencia: Creación autónoma

El diseño del perfil de la cresta aguas arriiba del aliviadero sigue un enfoque basado en el perfil WES, que se caracteriza por su capacidad para optimizar el flujo y minimizar la formación de vórtices. Como se ilustra en el Dibujo 50, la geometría se compone de una combinación de dos curvas circulares, cada una con su propio r(radio) en la curva. La función matemática que muestra la curva del perfil puede formularse como una pieza por tramos, donde cada sección corresponde a una de las circunferencias.

La función general de la curva se expresa de la siguiente manera:

$$y = \begin{cases} -\sqrt{{R_1}^2 - x^2}, & -I_1 < x < 0 \\ -\sqrt{{R_2}^2 - (x-h)^2} + k, & -I_2 < x < -I_1 \end{cases}$$

En esta expresión, R1 y R2 representan los radios de las circunferencias, mientras que I1 e I2 son los límites de cada tramo de la curva. La combinación de estas secciones permite crear un perfil que asegura una transición suave del flujo de agua aguas arriiba hacia la cresta del aliviadero.

Escalamiento y Cálculos del Perfil

En este caso, la altura de diseño a escala del tirante se ha definido como:

$$H_d = \frac{13.68}{100} = 0.137m$$

A partir de esta escala, se procede a calcular los parámetros geométricos asociados al perfil. Los cálculos se realizan en función de Hd, y los resultados obtenidos son los siguientes:

$$I_1 = 0.175H_d = 0.0239\ ;\ I_2 = 0.282H_d = 0.0386$$

$$R_1 = 0.2H_d = 0.0274\ ;\ R_2 = 0.5H_d = 0.0684$$

Tabla 7
Cooordenadas en la sección en la Cresta H2Os Arriiba

Punto	x	y
1	0.000	0.000
2	-0.003	0.000
3	-0.006	0.000
4	-0.009	0.001
5	-0.012	0.001
6	-0.015	0.002
7	-0.018	0.002
8	-0.021	0.003
9	-0.024	0.005
10	-0.027	0.006
11	-0.030	0.008
12	-0.033	0.010

13	-0.036	0.013
14	-0.03858	0.01724

Referencia: Creación autónoma

4.4.1.2.3. Geometría H2Os abajo de la cresta y punto de tangencia.

En el diseño hidráulico del aliviadero, se define utilizando los criterios establecidos por el perfil WES (Waterways Experiment Station), los cuales proporcionan un modelo confiable para optimizar la descarga y disipación de energy. La ecuación característica para el perfil se presenta de la siguiente forma:

$$x^{1.85} = 2{H_d}^{0.85}y$$

Esta expresión describe la trayectoria del perfil aguas abajo, donde x y y representan las cooordenadas del perfil, y Hd es la altura del tirante de diseño. En este caso, al sustituir el valor de Hd, se obtiene:

$$y = \frac{0.5}{0.137^{0.85}}x^{1.85} = 2.70868x^{1.85}$$

Esta ecuación proporciona un método para determinar los puntos del perfil desde la cresta hasta un punto de tangencia específico. Este punto de tangencia marca la transición hacia una canaleta de rápida, que es la sección de conducción que dirige el flujo en la parte superior al borde de salida del agua en salida, disipando energy y controlando el régimen del agua en descenso.

Cálculo del talud de la rápida

En la canaleta de rápida, se aconseja que el talud esté comprendido entre 0.6:1 y 0.85:1. En cada situación que se presente, se ha optado por un talude de 0.8:1, lo que implica que la pendiente de la canaleta está definida como:

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = tan\alpha = \frac{1}{0.8} = 1.25$$

Determinación del punto de tangencia

El punto de tangencia se define como aquel en el cual la ortogonal de la curva del perfil de la parte superior es = a la inclinación de un elemento lineal de la canaleta de rápida. Para localizar este punto, se calcula la derivada de la ecuación del perfil y se iguala a la pendiente de la rápida:

$$\frac{dy}{dx} = 5.011056x^{0.85} = 1.25$$

Al resolver esta ecuación, se obtiene:

$$x_t = \left(\frac{1.25}{5.011056}\right)^{\frac{1}{0.85}} = 0.1952m$$

Posteriormente, se calcula la cooordenada yt correspondiente al punto de tangencia sustituyendo xt en la ecuación original del perfil:

$$y_t = 2.70868 * (0.1952)^{1.85} = 0.1319m$$

En la Tabla 6.2, se presentan las cooordenadas calculadas del perfil h2os inferior de la cresta, incluyendo el lugar donde llega la perpendicular identificado como JJJ. Estas cooordenadas permiten representar de manera detallada la forma del perfil y su transición hacia la canaleta de rápida, lo cual es esencial para un diseño adecuado:

Tabla 8

Cooordenadas en la seccion H2Os abajo

Punto	x	y
1	0.000	0.000
A	0.020	0.002
B	0.040	0.007
C	0.060	0.015
D	0.080	0.025
E	0.100	0.038
F	0.120	0.054
G	0.140	0.071
H	0.160	0.091
I	0.180	0.114
J	0.195	0.132

Referencia: Creación autónoma

4.4.1.2.4. Diseño de la estructura terminal del aliviadero y sus parámetros clave.

El diseño de la estructura terminal del aliviadero implica una serie de decisiones técnicas fundamentales por parte del ingeniero a cargo, basadas en las recomendaciones y referencias indicadas en la sección correspondiente (4.1.2). Entre los aspectos más relevantes se encuentra la determinación de la elevación del salto hidráulico en el vertedero tipo rampa-esquí, la cual se ha definido en esta ocasión como un 30% de la altura total del vertedero. Este porcentaje permite asegurar un diseño coherente con las condiciones operativas y características de las estructuras estudiadas.

Cálculo de la altura a escala del aliviadero

Para calcular la altura del aliviadero a escala, se aplica el siguiente criterio:

$$P_m = \frac{80}{100} = 0.80\ m$$

En este caso, el valor de Pm corresponde a la altura de la estructura modelo. Dado que se ha establecido un criterio de elevación del 30% para el salto hidráulico en el diseño del vertedero, se calcula:

$$nc = \frac{30}{100} * 0.80 = 0.24m$$

Determinación del ángulo de salida del cucharón

El ángulo de salida del cucharón (Φc) se ha definido en 30°, basado en un valor intermedio de las recomendaciones técnicas existentes. Este valor proporciona una referencia adecuada para el diseño preliminar, aunque es importante destacar que se realizarán variaciones durante la fase experimental para observar y analizar los efectos sobre el comportamiento del flujo y optimizar la eficiencia del diseño.

Cálculo del radio del cucharón

El radio del cucharón se calcula utilizando el criterio propuesto por Khatsuria, que depende del calado de aproximación del flujo. La fórmula empleada es la siguiente:

$$R = \sqrt{h_0 * Y_{c-c}}$$

Donde h0h_0h0 representa la altura del tirante de aproximación y Y(c−c) es la diferencia entre la altura total de la estructura y el valor de nc. Con los valores proporcionados:

$$\sqrt{0.137 * (0.8 - 0.24)} = 0.277\ m$$

Este cálculo permite establecer un radio tentativo del cucharón que se ajustará según los resultados experimentales para asegurar un diseño hidráulicamente eficiente.

Ángulo del labio aguas abajo del chorro

Se ha adoptado la recomendación de mantener el ángulo superior a 39°. En este caso particular, se ha seleccionado un valor de θ′′=50°, que cumple con las directrices técnicas y garantiza una adecuada ventilación del flujo. Por lo tanto, se determina el ángulo final del labio como:

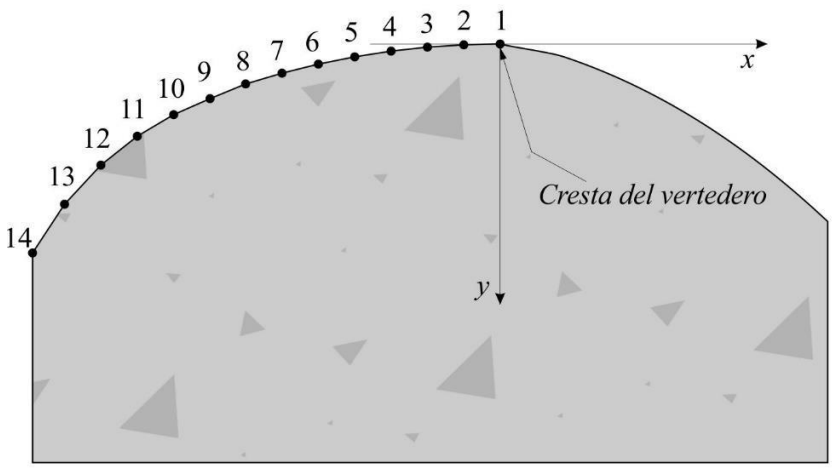
$$\theta L = \theta'' - \Phi c = 50° - 30° = 20°$$

Representación geométrica y perfiles de la estructura

En el Dibujo 51.0 y el Dibujo 52.0 se ilustran las características geométricas de las distintas secciones del aliviadero a escala reducida, incluyendo las cooordenadas precisas para la construcción del modelo. Estos dibujos muestran los detalles de cada componente clave, permitiendo a los ingenieros replicar fielmente la estructura en el laboratorio y analizar su comportamiento bajo condiciones controladas.

Dibujo 51

Geometría H2Os arriiba de la cresta.

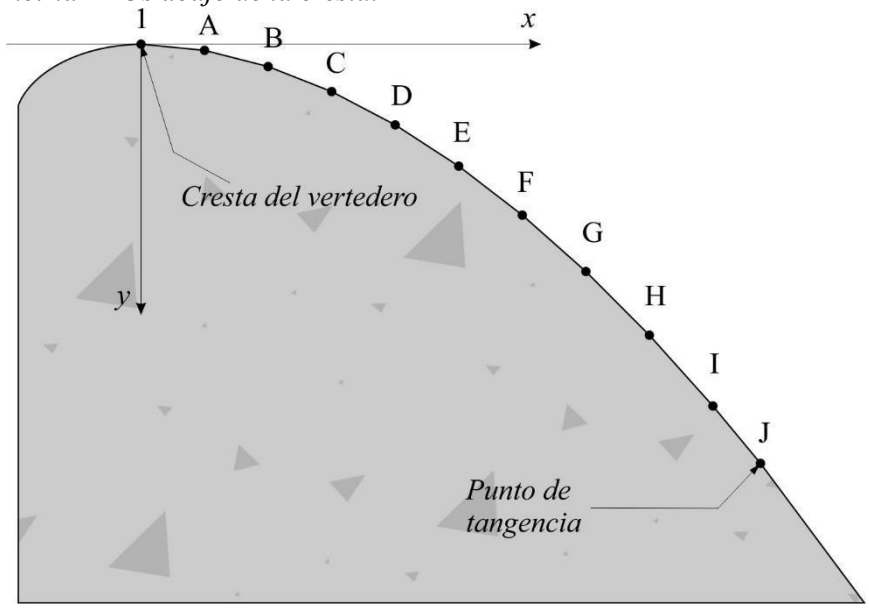


Punto	x	y
1	0.00000	0.00000
2	-0.00300	0.00007
3	-0.00600	0.00026
4	-0.00900	0.00059
5	-0.01200	0.00106
6	-0.01500	0.00166
7	-0.01800	0.00241
8	-0.02100	0.00330
9	-0.02394	0.00451
10	-0.02694	0.00583
11	-0.02994	0.00761
12	-0.03294	0.00999
13	-0.03594	0.01322
14	-0.03858	0.01724

Referencia: Creación autónoma

Dibujo 52

Geometría H2Os abajo de la cresta.

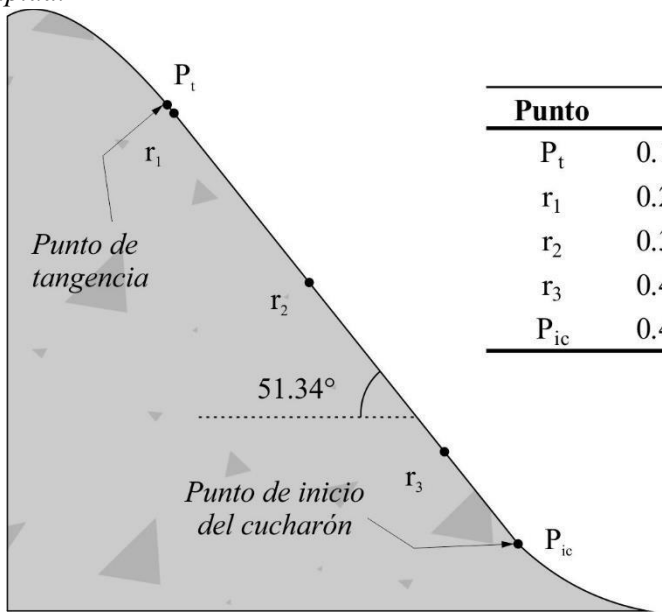


Punto	x	y
1	0.00000	0.00000
A	0.02000	0.00195
B	0.04000	0.00703
C	0.06000	0.01489
D	0.08000	0.02535
E	0.10000	0.03831
F	0.12000	0.05367
G	0.14000	0.07138
H	0.16000	0.09139
I	0.18000	0.11363
J	0.19497	0.13174

Referencia: Creación autónoma

Dibujo 53

Geometría de la rápida.

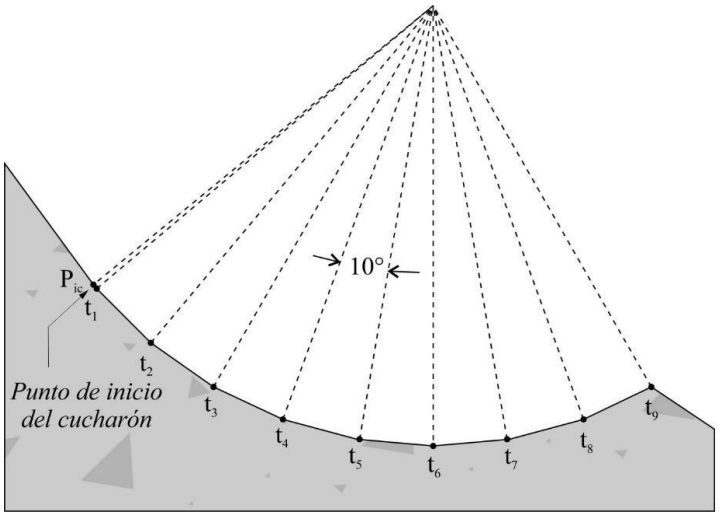


Punto	x	y
P_t	0.19497	0.13174
r_1	0.20000	0.13802
r_2	0.30000	0.26302
r_3	0.40000	0.38802
P_{ic}	0.45448	0.45612

Referencia: Creación autónoma

Dibujo 54

Geometría del cucharón.

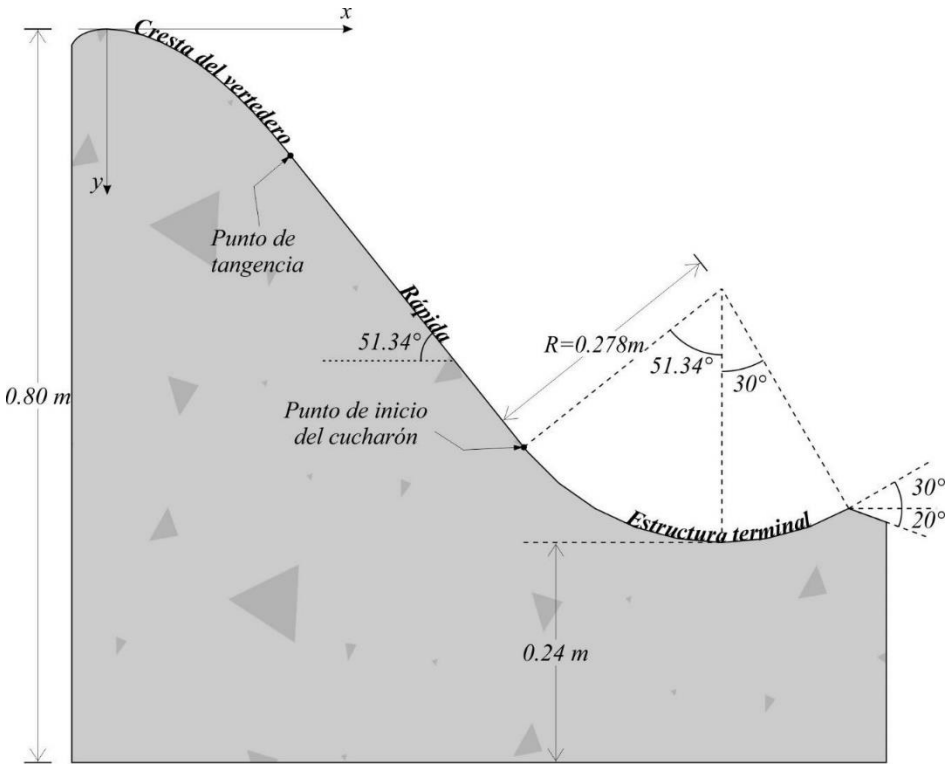


Punto	x	y
P_{ic}	0.4545	0.4561
t_1	0.4586	0.4611
t_2	0.4927	0.4952
t_3	0.5322	0.5229
t_4	0.5759	0.5433
t_5	0.6226	0.5558
t_6	0.6706	0.5600
t_7	0.7187	0.5558
t_8	0.7653	0.5433
t_9	0.8090	0.5229

Referencia: Creación autónoma

Dibujo 55

Esquema geométrico del modelo experimental.



Referencia: Creación autónoma.

4.4.1.3. Análisis hidráulico del aliviadero

El análisis hidráulico del aliviadero se centra en evaluar tres secciones principales: la cresta, la rápida y la estructura terminal. Cada una de estas áreas desempeña un papel crucial en el comportamiento global del aliviadero, y su diseño debe garantizar tanto la eficiencia del flujo como la seguridad estructural. Para cada sección, se realiza una verificación detallada del calado del agua y las presiones desarrolladas a lo largo de la misma.

4.4.1.3.1. Cresta del vertedero.

En lo que respecta al cálculo del calado y las presiones en la cresta del vertedero, G. Sotelo propuso un método de análisis basado en la adimensionalización de parámetros utilizando la carga hidráulica sobre la cresta del vertedero (Ho). Este enfoque es particularmente efectivo para perfiles del tipo WES sin pilas, y proporciona una forma sistemática de evaluar la distribución del flujo y las presiones a lo largo de la cresta.

El perfil WES se caracteriza por un paramento vertical aguas arriiba, lo que contribuye a estabilizar el flujo sobre la cresta y minimizar las perturbaciones. En el Dibujo 56.0, se presenta un esquema detallado del perfil WES, junto con una tabla que ilustra las cooordenadas del perfil y la correspondiente distribución del calado del agua para diferentes puntos del aliviadero.

Cálculo del calado y puntos representativos

Para el modelo desarrollado, se han identificado y calculado los calados en diversos puntos clave a lo largo del perfil del aliviadero. Los puntos c1, c6 y Pt corresponden a posiciones específicas en el perfil, representando los puntos 14, 1 y J, respectivamente, los cuales son críticos para evaluar la estabilidad y eficiencia del diseño.

En este análisis, se considera la variación de las presiones y calados a medida que el flujo se desplaza desde la entrada hasta la salida de la cresta. Esta evaluación permite obtener una visión integral de cómo el flujo interactúa con la geometría del aliviadero, y proporciona datos fundamentales para ajustar y optimizar el diseño en función de los resultados experimentales.

Perfil del flujo y distribución del calado

En la tabla asociada al Dibujo 56.0, se detallan las cooordenadas del perfil del aliviadero y el perfil del flujo de agua sobre la cresta. Estas cooordenadas son esenciales para representar y analizar el comportamiento hidráulico a lo largo del vertedero, proporcionando información detallada sobre cómo el agua se distribuye y cómo varían los calados en los diferentes puntos del perfil.

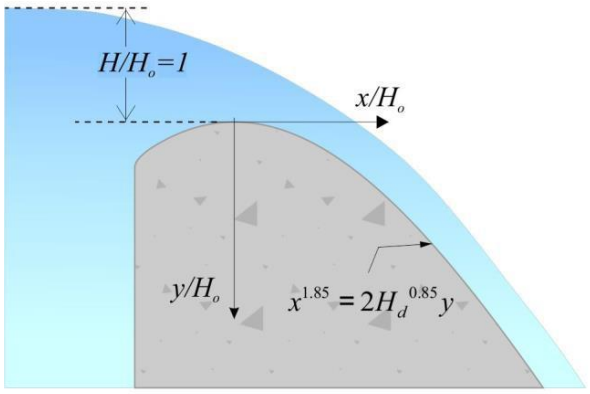
Esta información es clave para identificar posibles puntos de presión crítica y ajustar el diseño para asegurar un flujo controlado y eficiente. Además, permite comprender las interacciones entre el flujo y la estructura del aliviadero, facilitando la identificación de áreas donde podrían surgir problemas de erosión o cavitación.

Consideraciones finales

El análisis hidráulico de las tres secciones principales del aliviadero es un proceso crucial para garantizar la seguridad y funcionalidad del sistema. La evaluación detallada de la cresta, junto con la verificación del calado y las presiones en los puntos clave, permite obtener un diseño óptimo del aliviadero, ajustado a las características y condiciones específicas del proyecto.

Dibujo 56

Seccion superior al aliviiadero.



	Cresta	Perfil de agua	
x/H_o	y/H_o	y/H_o	d/H_o
-0.20	0.042978	-0.821	1.124703
-0.15	0.023030		0.947135
-0.10	0.010102		0.890596
-0.05	0.002506		0.856310
0.00	0.000000	-0.755	0.844684
0.20	0.025461	-0.681	0.648668
0.40	0.091787	-0.586	0.573141
0.60	0.194334	-0.465	0.518351
0.80	0.330892	-0.320	0.473939
1.00	0.500000	-0.145	0.436056
1.20	0.700576	0.055	0.402997
1.40	0.931766	0.294	0.373861
1.60	1.192867	0.563	0.348059
1.80	1.483283	0.857	0.325137

Referencia: Creación autónoma

Del modelo elaborado, se muestran los resultados a continuación, donde c1, c6 y Pt representan los puntos 14, 1 y J, respectivamente.

Tabla 9

Calado y Niveles de Agua en la parte superior del moodelo

Punt	x/H_o	y/H	ζ/H_o	d/H	x	y	ζ	d
c	-	0.075	-	1.415	-	0.010	-	0.193
c	-	0.043	-	1.124	-	0.005	-	0.153

c	-	0.023	-	0.947	-	0.003	-	0.129
c	-	0.010	-	0.890	-	0.001	-	0.121
c	-	0.002	-	0.856	-	0.000	-	0.117
c	0.000	0.000	-	0.844	0.000	0.000	-	0.115
c	0.200	0.025	-	0.648	0.027	0.003	-	0.088
c	0.400	0.091	-	0.573	0.054	0.012	-	0.078
c	0.600	0.194	-	0.518	0.082	0.026	-	0.070
c	0.800	0.330	-	0.473	0.109	0.045	-	0.064
c	1.000	0.500	-	0.436	0.136	0.068	-	0.059
c	1.200	0.700	0.055	0.403	0.164	0.095	0.007	0.055
c	1.400	0.931	0.294	0.373	0.191	0.127	0.040	0.051
P	1.425	0.964	0.327	0.370	0.195	0.132	0.044	0.050

Nota: Tabla de elaboración propia

Tabla 10

Presiones Desarrolladas en la parte superior del Moodelo

Punto	**x/H_o**	**$P/g\rho H_o$**	**x**	**$P(kg/m^2)$**
c_{-1}	-0.2820	-2.1217	-0.0386	-20813.966
c_{-2}	-0.2000	-0.7299	-0.0274	-7160.191
c_{-3}	-0.1500	0.1188	-0.0205	1165.281
c_{-4}	-0.1000	0.0351	-0.0137	344.007
c_{-5}	-0.0500	-0.0213	-0.0068	-208.541
c_{-6}	0.0000	-0.0414	0.0000	-406.418
c_{-7}	0.2000	0.0387	0.0274	379.157
c_{-8}	0.4000	-0.0065	0.0547	-63.520
c_{-9}	0.6000	-0.0213	0.0821	-208.835
c_{-10}	0.8000	-0.0220	0.1095	-216.281
c_{-11}	1.0000	-0.0179	0.1368	-175.167
c_{-12}	1.2000	-0.0128	0.1642	-125.234
c_{-13}	1.4000	-0.0083	0.1915	-81.099
P_t	1.4251	-0.0078	0.1950	-76.746

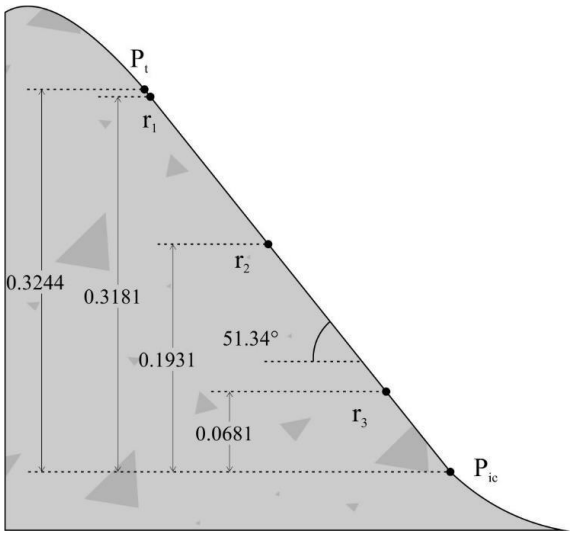
Nota: Tabla de elaboración propia

4.4.1.3.2. Análisis hidráulico de la rápida del aliviadero.

El estudio del comportamiento del flujo en la rápida del aliviadero se enfoca en la determinación del calado del agua bajo condiciones de diseño. Este análisis se inicia desde el

punto de tangencia, donde se ha establecido un calado inicial de dPt=0.0507m. A partir de este punto, se procede a calcular los calados en los demás tramos de la rápida mediante un balance de energy que considera tanto las características geométricas como las pérdidas por fricción en el corredor de descarga, como se ilustra en el Dibujo 57.

Dibujo 57
División en 3 segmentos para el estudio más detallado.



Referencia: Creación autónoma

Coeficiente de fricción y balance de energy

Para evaluar las pérdidas de energy, se ha definido un coeficiente de Manning (n) de 0.013, que corresponde a un modelo construido con una superficie de metal pintado. Sin embargo, este valor deberá ajustarse en función del material específico utilizado en el prototipo real. Cabe destacar que, según las recomendaciones teóricas, se asume que en el vertedor de la cresta la fricción es prácticamente inexistente, por lo cual el coeficiente de Manning en el punto de tangencia se considera igual a cero. Conforme el flujo avanza a lo largo de la rápida, se propone un aumento longitudinal del número de Manningg, que se incrementa a medida que el agua se desplaza por el corredor.

En el tramo de análisis, los coeficientes iniciales para el punto de tangencia (nPt) y el primer punto de la rápida (nr1) se han definido como:

$$n_{Pt} = 0\ ;\ n_{r1} = 0.003$$

Para calcular la pendiente hidráulica media (¯Sf), se utiliza la fórmula de Manning para determinar las pérdidas de fricción en función del caudal, el rad. hidráulico y el área de flujo. La ecu. que relaciona las pérdidas por fricción entre el punto de tangencia (Pt) y el primer pto. de la rápida (r1) se expresa como:

$$\overline{Sf} = \frac{Sf_{Pt} + Sf_{r1}}{2}$$

Donde SfPt y Sfr1 son las pendientes de fricción en cada uno de los puntos evaluados.

Cálculo del balance de energy entre los puntos Pt y r1

El balance de energy en el rango del pto. de tangencia y el primer pto. de la rápida se define teniendo en cuenta las alturas de los pto, los calados y las pérdidas por fricción. La ecuación de balance se presenta de la siguiente manera:

$$z_{Pt} + d_{Pt}cos51.34 + \frac{Q^2}{2gb^2{d_{Pt}}^2} = z_{r1} + d_{r1}cos51.34 + \frac{Q^2}{2gb^2{d_{r1}}^2} + \overline{Sf} * L_{Pt-r1}$$

En esta fórmula, zPt y zr1 representan las elevaciones de los puntos Pt y r1, Q es el caudal de diseño, b es el ancho del corredor, y L(Pt−r1) es la distancia entre ambos puntos. Las pérdidas por fricción se calculan utilizando la siguiente expresión:

$$Sf = \left(\frac{Qn}{R^{\frac{2}{3}}A}\right)^2$$

Resultados y tabla de calados

El resultado de estos cálculos permite determinar los calados en cada punto de la rápida. En la Tabla 11, se sintetiza los resultados de calado, las distancias y los coeficientes de fricción en cada punto analizado. Estos datos son esenciales para comprender la variación del flujo a lo largo del corredor y evaluar su impacto en la estructura del aliviadero.

Por lo tanto:

$$Sf_{Pt} = 0\ ; Sf = \left(\frac{0.05x0.003}{\left(\frac{0.457xd_{r1}}{0.457 + 2d_{r1}}\right)^{\frac{2}{3}} x0.0457xd_{r1}} \right)^2$$

$$\overline{Sf} = \frac{0 + \left(\frac{0.05x0.003}{\left(\frac{0.457xd_{r1}}{0.457 + 2d_{r1}}\right)^{\frac{2}{3}} x0.0457xd_{r1}} \right)^2}{2}$$

$$L_{Pt-r1} = 0.0080\ m$$

Llevando a cabo el balance de energy y resolviendo la ecuación de equilibrio obtenemos:

$$H_{Pt} = 0.0063 + 0.0507cos51.34 + \frac{0.05^2}{2x9.81x0.457^2x0.0507^2} = 0.2752m$$

$$H_{r1} = d_{r1}cos51.34 + \frac{0.05^2}{19.62x0.457^2x{d_{r1}}^2} + \frac{0 + \left(\frac{0.05x0.003}{\left(\frac{0.457xd_{r1}}{0.457 + 2d_{r1}}\right)^{\frac{2}{3}} x0.0457xd_{r1}} \right)^2}{2} x0.008$$

La información correspondiente a cada punto de la rápida se muestra en la tabla:

Tabla 11

Resultados de la cota del agua en la Sección de la Rápida

Punt	x	y	z(m)	n	L	d
P	0.195	0.131	0.3244	0.000	0.000	0.050
r	0.200	0.138	0.3181	0.000	0.008	0.050
r	0.300	0.263	0.1931	0.005	0.168	0.040
r	0.400	0.388	0.0681	0.010	0.328	0.035
P	0.454	0.456	0.0000	0.013	0.415	0.033

Nota: Tabla de elaboración propia

4.4.1.3.3. Análisis de la estructura estructura terminal.

El estudio de la estructura terminal del aliviadero se enfoca en la determinación del calado del flujo dentro del cucharón y en el análisis de las presiones que se desarrollan debido a la geometría curva de la trayectoria. Esta sección se encuentra en la salida del corredor de descarga, donde se incrementa la carga de presión por la presencia de una trayectoria curva, lo que introduce la influencia de la fuerza centrífuga en el comportamiento del flujo.

Cálculo del calado en el cucharón

El calado en el cucharón se halla utilizando una idea casi igual al aplicado en el análisis de la rápida. Sin embargo, en esta sección, además de la presión hidrostática, se considera la presión generada por la acel. centrífuga. La presión resultante se define como la adición de ambas componentes:

1. **Presión hidrostática**:

$$\frac{P_h}{\gamma} = dcos\alpha$$

2. **Presión generada por la aceleración centrífuga**:

$$\frac{P_c}{\gamma} = \frac{V^2}{g}(lnR - \ln(R-d))$$

En casos donde el radio de la curva (R) es grande en relación al calado (d), la expresión se simplifica mediante la aproximación, $\ln \mathrm{R} - \ln(\mathrm{R} - \mathrm{d}) \cong \mathrm{d}/\mathrm{R}$, resultando en:

$$\frac{P_c}{\gamma} = \frac{dV^2}{gR}$$

Finalmente, la carga de presión total queda expresada como:

$$\frac{P}{\gamma} = dcos\alpha + \frac{dV^2}{gR}$$

Ecuación de balance de energy en la estructura terminal

En esta sección se realiza considerando la suma de las presiones, el calado, las pérdidas por fricción, y la energy cinética del flujo. La ecu. de balance de energy entre dos puntos consecutivos i e i+1 se expresa de la siguiente manera:

$$z_i + d_i cos\alpha_i + \frac{Q^2}{2gb^2{d_i}^2} = z_{i+1} + d_{i+q} cos\alpha_{i+1} + \frac{d_{i+1}Q^2}{gRb^2{d_{i+1}}^2} + \frac{Q^2}{2gb^2{d_{i+1}}^2} + \overline{Sf} x L_{i-i+1}$$

Donde:

- z representa la elevación,

  d es el calado,

- Q es el caudal,
- b es el ancho del corredor,
- R es el rad.,
- α es el ángulo de inclinación de la trayectoria,
- Sf es la pendiente hidráulica media,
- L es la longitud entre los puntos.

Resultados del análisis hidráulico del cucharón

En la Tabla 12, se muestran los resultados obtenidos para los calados en la estructura terminal del modelo a escala. Estos valores proporcionan una visión clara de la evolución del flujo dentro del cucharón, considerando los efectos de la geometría curva y la variación de los coeficientes a lo largo de la trayectoria.

Tabla 12

Resultados de la cota del agua en la propeusta final del Modelo

Punto	x	y	z(m)	n	R(m)	θ (°)	α (°)	L(m)	s	d(m)
P_{ic}	0.4545	0.4561	0.1039	0.01	0.28	0	51.34	0.00000	0.00000	0.0339
t_1	0.4586	0.4611	0.0989	0.01	0.28	1.34	50.00	0.00647	0.00647	0.0382
t_2	0.4927	0.4952	0.0648	0.01	0.28	10.00	40.00	0.04831	0.05478	0.0373
t_3	0.5322	0.5229	0.0371	0.01	0.28	10.00	30.00	0.04831	0.10309	0.0367
t_4	0.5759	0.5433	0.0167	0.01	0.28	10.00	20.00	0.04831	0.15140	0.0362
t_5	0.6226	0.5558	0.0042	0.01	0.28	10.00	10.00	0.04831	0.19971	0.0360
t_6	0.6706	0.5600	0.0000	0.01	0.28	10.00	0.00	0.04831	0.24802	0.0360
t_7	0.7187	0.5558	0.0042	0.01	0.28	10.00	10.00	0.04831	0.29633	0.0363
t_8	0.7653	0.5433	0.0167	0.01	0.28	10.00	20.00	0.04831	0.34464	0.0369
t_9	0.8090	0.5229	0.0371	0.01	0.28	10.00	30.00	0.04831	0.39295	0.0377

Nota: Tabla de elaboración propia

Análisis de las presiones en el cucharón

Se utiliza como referencia el criterio desarrollado por Lenaau & Cassiidy. Este enfoque considera las relaciones de presión generadas por la curvatura y la aceleración centrífuga a lo largo del flujo en el cucharón. En el pto. ubicado en el labio del cucharón t9), se calcula el parámetro s/d0:

$$\frac{s}{d_0} = \frac{0.278 * \frac{(51.34 + 30)\pi}{180}}{0.0377} = 10.42$$

Con este valor, se traza una curva que siga la tendencia de las curvas adyacentes en los Dibujos 4.23 y 4.24, y se calculan los coeficientes RCPH/2d0 en cada sección del cucharón.

Tabla 13

Resultados de las presiones del cuchharon

Punto	x	y	d(m)	s/	$RC_{PH}/2$	C_P	$P_x=C_{PH}\gamma Y_c$
P_{ic}	0.454	0.456	0.0339	0.0	0.50	0.12	72.554
t_1	0.458	0.461	0.0382	0.1	0.65	0.18	107.380
t_2	0.492	0.495	0.0373	1.4	0.96	0.25	163.642
t_3	0.532	0.522	0.0367	2.8	1.00	0.26	174.878
t_4	0.575	0.543	0.0362	4.1	1.00	0.26	177.912
t_5	0.62	0.55	0.0360	5.5	1.00	0.2	180.060
t_6	0.67	0.56	0.0360	6.8	1.00	0.2	181.314
t_7	0.71	0.55	0.0363	8.1	1.00	0.2	181.666
t_8	0.76	0.54	0.0369	9.3	0.91	0.2	164.828
t_9	0.80	0.52	0.0377	10.	0.00	0.0	0.000

Nota: Tabla de elaboración propia

4.4.2. Diseño de las estructuras que componen el cuerpo de la presa

El diseño del cuerpo de la presa será desarrollado en dos partes: el análisis de la estructura y el análisis de los materiales a utilizar, de acuerdo con las características de un modelo hidráulico a escala construido con concreto, acero y madera.

4.4.2.1. Análisis de la estructura

4.4.2.1.1. Ancho de estructura de aliviadero en escala 1/100

Para el análisis de la estructura del aliviadero en la región de Cusco, se decidió modelar un vertedero a escala que cumpliera, básicamente, con las especificaciones particulares de las presas locales. El prototipo seleccionado está diseñado para manejar un caudal de descarga de 5000 m^3/s y corresponde a presas que poseen una pantalla de 80 metros de altura en el aliviadero y una altura total de 240 metros en la represa. Estos parámetros son representativos de la infraestructura hidráulica de la región.

Debido a que el model se clasifica dentro de los sistemas con superficie libre, donde predominan las fuerzas gravitacionales, se emplea el criterio de similitud de Frooude. Para este caso, se ha optado por una escala de 1/100, lo que implica que todas las diimensiones del modelo se ajustarán proporcionalmente a las del prototipo, siguiendo esta relación de escala.

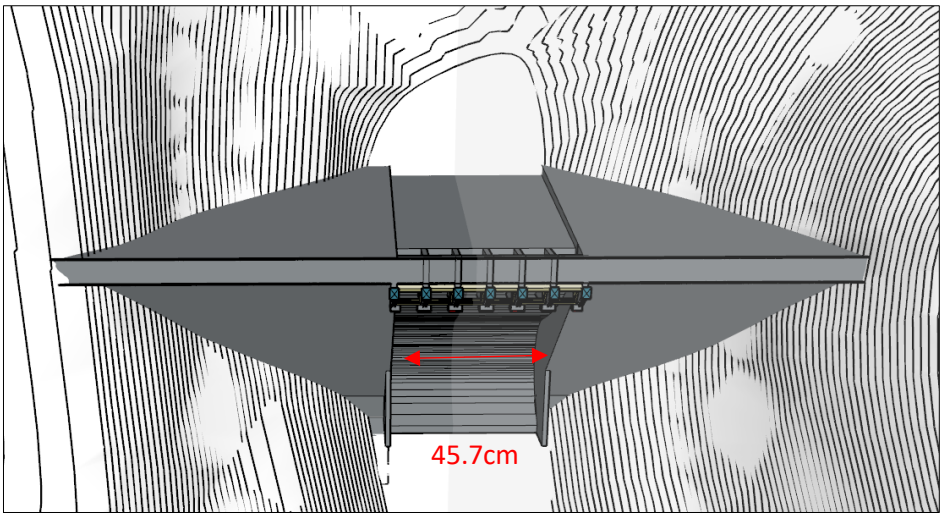
Cálculo de la anchura del aliviadero en el modelo a escala

El aliviadero real presenta un ancho de 45.7 metros en el prototipo. Aplicando la escala de reducción de 1/100, se realiza el ajuste dimensional de la siguiente manera:

$$\frac{Lc_m}{Lc_p} = \frac{1}{100} \rightarrow Lc_m = \frac{Lc_p}{100} = \frac{45.7}{100} = 45.7cm$$

De esta manera, el ancho del aliviadero en el modelo a escala será de 45.7 centímetros, lo cual permite representar de manera precisa la geometría del prototipo en las condiciones establecidas por el criterio de similitud de Frooude. Este enfoque garantiza que se mantengan las proporciones y se logre una reproducción adecuada de los fenómenos hidráulicos a investigar, especialmente aquellos relacionados con el comportamiento del flujo en la estructura.

Dibujo 58
Ancho del aliviadero en escala 1/100.



Referencia: Creación autónoma

4.4.2.1.2. Determinación de las diimensiones de la estructura de represa a escala 1/100

Por otro lado, la presa tiene una pantalla de 80m de altura de aliviadero y 240 m de altura total de represa, lo cual se escala de la siguiente manera para tener la dimensión requerida:

$$\frac{Lc_m}{Lc_p} = \frac{1}{100} \rightarrow Lc_m = \frac{Lc_p}{100} = \frac{80m}{100} = 80.0cm$$

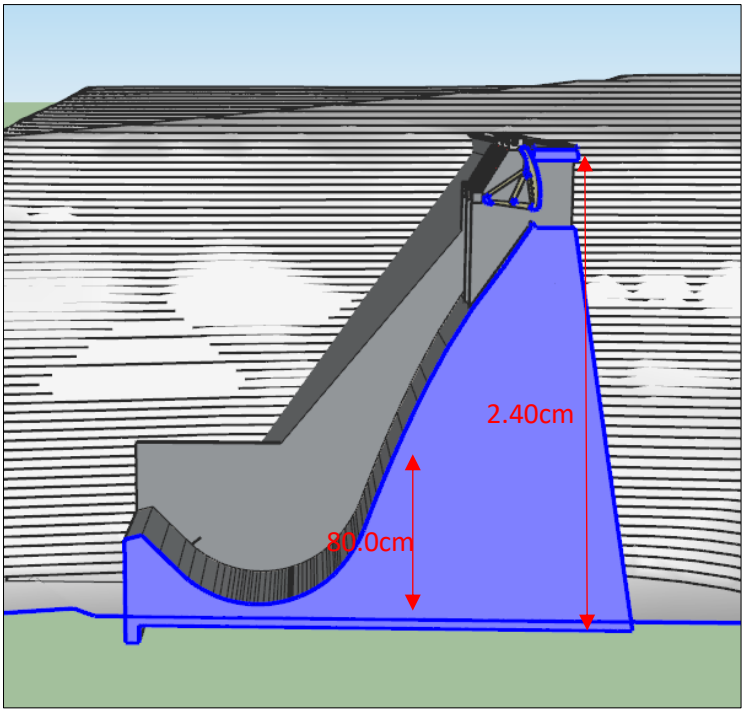
Escalando el aliviadero se procede a escalar la altura total de la represa

$$\frac{Lc_m}{Lc_p} = \frac{1}{100} \rightarrow Lc_m = \frac{Lc_p}{100} = \frac{240m}{100} = 240.0cm$$

Así progresivamente se tiene las diimensiones mas sustanciales para el modelado de la estructura en el laboratorio de hidráulica.

Dibujo 59

Alturas principales de la presa en escala 1/100.



Referencia: Creación autónoma

4.4.2.2. Análisis de los materiales a utilizar en una presa a escala 1/100

Los materiales a emplear en el cuerpo de la presa se seleccionarán con base en sus propiedades mecánicas y su facilidad para la construcción de modelos a escala.

1. **Concreto**

   El concreto será el principal material estructural del cuerpo de la presa, ya que ofrece resistencia a la compresión y es ideal para absorber las fuerzas ejercidas por el H2O. Las propiedades del concreto en este modelo a escala incluirán:

   - **Resistencia a la compresión**: Se seleccionará un concreto de alta resistencia que pueda simular el comportamiento de una presa real, manteniendo una proporción adecuada de cemento, H2O y agregados.
   - **Durabilidad**: El concreto deberá ser impermeable para evitar la penetración de H2O y la degradación del material.

- **Método de colado**: Debido a que se trata de un modelo a escala, se optimizará el método de colado para obtener una superficie uniforme y sin fisuras.

2. **Acero**

   El acero será utilizado para reforzar las áreas de mayor esfuerzo de tracción dentro del concreto, así como para formar parte de los sistemas de drenaje. Las características del acero a utilizar incluyen:

   - **Resistencia a la tracción**: Se seleccionará acero de alta resistencia para garantizar que las zonas del cuerpo de la presa que experimenten tracción, como las conexiones entre bloques, soporten las tensiones sin deformarse.
   - **Compatibilidad con el concreto**: Se utilizarán barras de acero corrugado para mejorar la adherencia con el concreto y no dejar el desprendimiento dentro de la estructura.

3. **Madera**

   Este modelo a escala, la madera será empleada principalmente en la construcción de estructuras auxiliares, como encofrados temporales y refuerzos durante el proceso de construcción. Además, la madera podría emplearse en componentes de la estructura en áreas no críticas. Sus características incluyen:

   - **Facilidad de manipulación**: Se seleccionará madera ligera y fácil de trabajar para crear las formas necesarias en los moldes del concreto.
   - **Uso temporal**: La madera se usará como elemento temporal, ya que puede ser removida una vez que el concreto ha frH2Odo y alcanzado su resistencia inicial.

Dibujo 60

Dibujo donde se muestra el uso de los materiales mencionados en una presa a escala en el laboratorio de UWRL.



Referencia: https://www.youtube.com/watch?v=bOiDndt1Qb4

4.5. Modelado en 3D de la Presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí.

El modelado en 3D de la presa y su aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí se llevará a cabo utilizando SketchUp Pro 2022, un software ampliamente utilizado para modelado arquitectónico y de ingeniería. A través de este programa, se busca crear una representación precisa del diseño estructural y hidráulico a escala, con el objetivo de simular tanto la geometría de la presa como el comportamiento del flujo de H2O sobre el aliviadero.

4.5.1. Fases del modelado 3D en SketchUp Pro 2022

- **Creación de la geometría base de la presa**

  - Definición de la planta y perfiles: Se parte del trazado de la planta de la presa y las secciones y cortes en x y y. Las herramientas de SketchUp permiten definir las curvas y líneas que forman la base de la estructura, asegurando la precisión en la distribución de las pendientes y escalones.

- Extrusión del cuerpo de la presa: Utilizando la herramienta "Push/Pull", se extruyen los contornos definidos para crear el volumen del cuerpo principal de la presa. Esto incluye la sección escalonada, característica de una presa de gravedad.

- **Modelado del aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí**
  - Diseño del corredor de entrada: En SketchUp, se modela el corredor de entrada donde el H2O será guiada hacia el aliviadero. Las herramientas de dibujo en 2D permiten definir los límites del corredor, que luego son extruidos para generar la estructura 3D.
  - Modelado de la rampa inclinada: La rampa inclinada, clave en el diseño del salto hidráulico en rampa - eskí, se crea a partir de planos inclinados que son ajustados manualmente para representar el ángulo de caída necesario para el flujo. Se añade una ligera ondulación para simular el flujo dinámico sobre la estructura.
  - Cuenca de amortiguamiento: Se añade una cuenca de amortiguamiento al final de la rampa. Se utiliza la herramienta "Arc" para crear la ondulación de la cuenca, que será extruida para formar la cavidad donde el H2O disipará su energy.

- **Asignación de materiales**
  - Concreto: Para las superficies de la presa y el aliviadero, se asigna una textura que simula el concreto. SketchUp Pro 2022 cuenta con bibliotecas de materiales que permiten ajustar los parámetros visuales del concreto, incluyendo su rugosidad y color.
  - Acero: Las partes reforzadas de la estructura, como barras o rejillas, se modelan en secciones específicas del cuerpo de la presa. El material de acero se asigna usando las herramientas de edición de materiales.
  - Madera: En el caso de las estructuras auxiliares temporales (como encofrados), se crea un componente que imite la textura y color de la madera. Estas estructuras

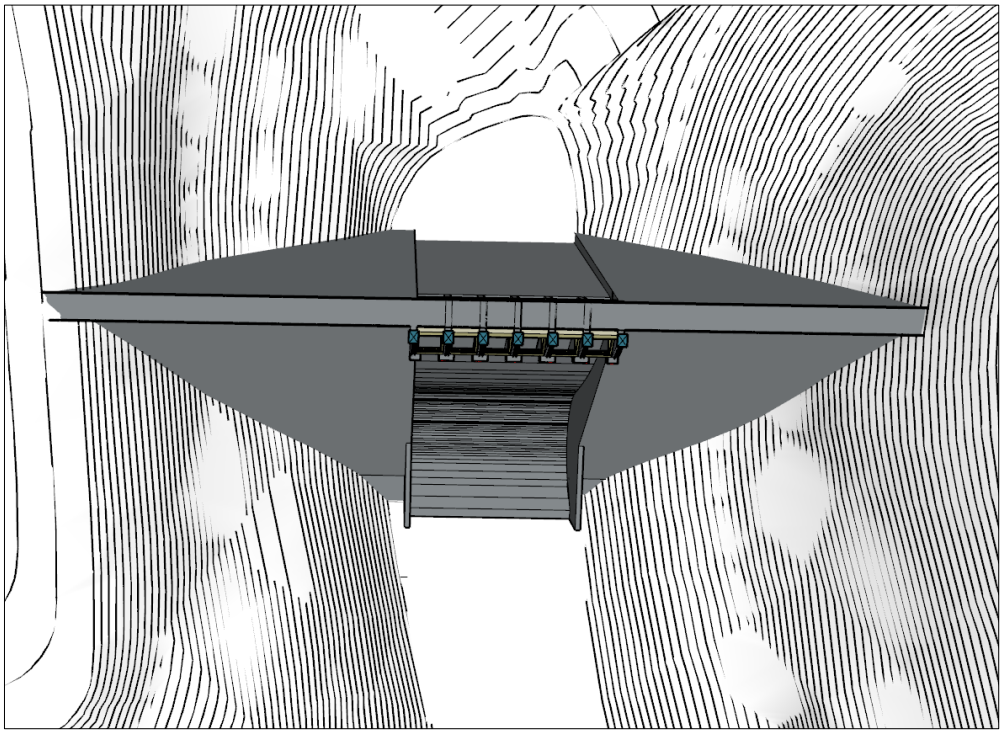
pueden ser suprimidas en simulaciones posteriores para mostrar solo el modelo definitivo.

4.5.2. Vistas para imágenes del modelo

Para la presentación del modelo en el documento final, se incluirán las siguientes vistas clave:

Dibujo 61

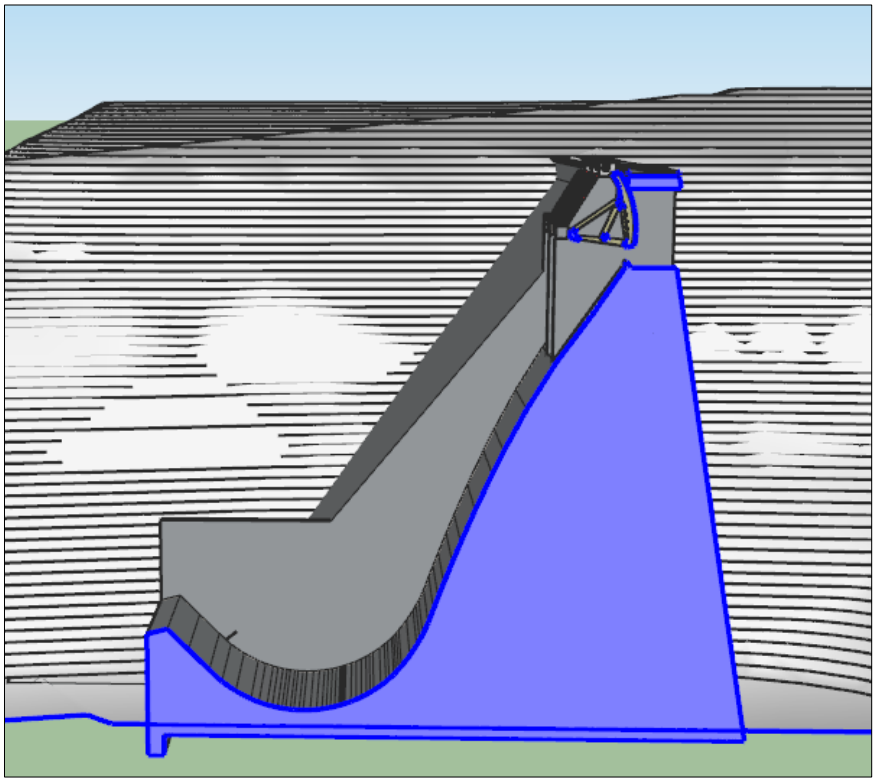
Dibujo donde se muestra la vista en planta, muestra el trazado superior de la presa y la disposición del aliviadero.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 62

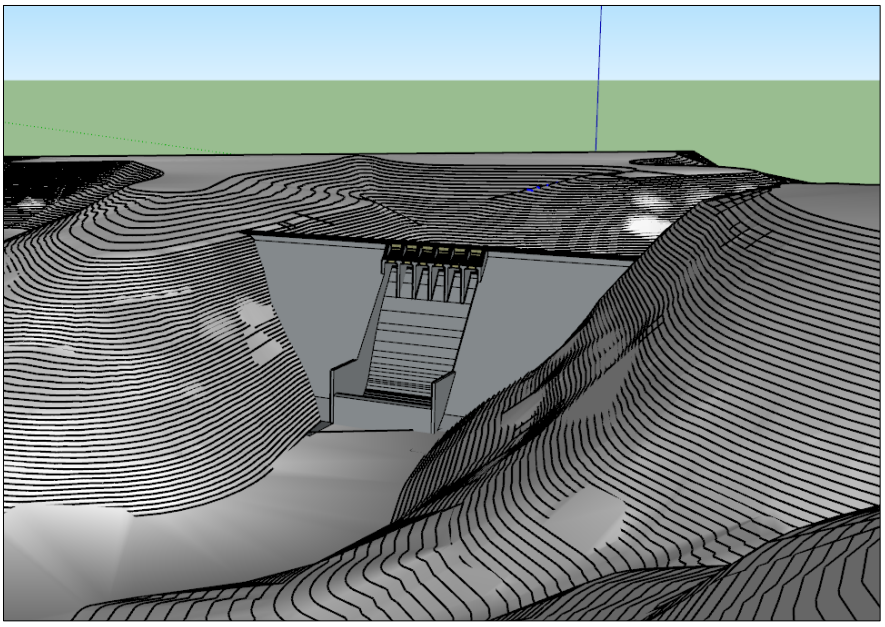
Dibujo donde se muestra la vista en sección longitudinal: Permite observar el cuerpo de la presa desde un corte lateral, revelando el perfil de la rampa y la cuenca de amortiguamiento.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 63

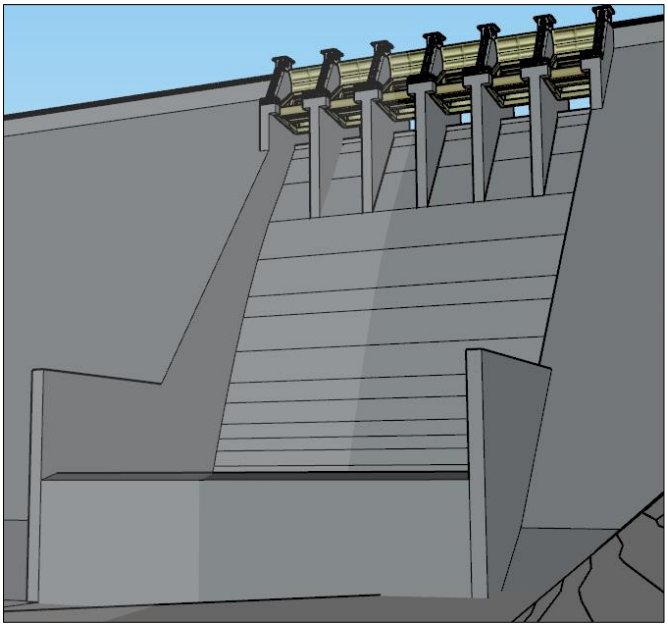
Dibujo donde se muestra la vista isométrica del cuerpo de la presa: Una perspectiva que combina las diimensiones en planta y altura para mostrar la estructura completa.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 64

Dibujo donde se muestra la Detalle del aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí: Un enfoque específico en la rampa inclinada.



Referencia: Creación autónoma

4.6. Montaje de la Presa con aliviadero tipo salto hidráulico en rampa - eskí.

4.6.1. Proceso constructivo más adecuado para la fabricación del cuerpo de la presa y correcto montaje.

Dibujo 65

Dibujo donde se muestra el colocado de aceros para iniciar con el armado de la topografía en base a madera, acero y concreto.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 66

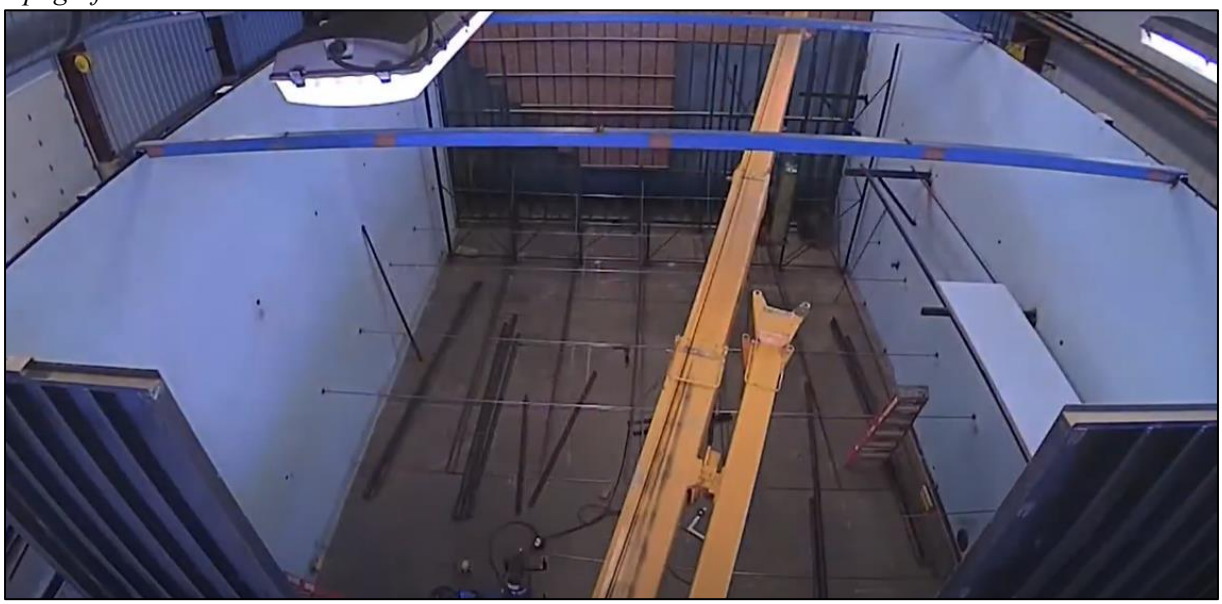
Dibujo donde se muestra el colocado los soportes superiores para iniciar el armado de la topografía.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 67

Dibujo donde se muestra el colocado de los andamios laterales para que soporten el peso de la topografía.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 68

Dibujo donde se muestra el colocado de la estructura metálica que soportara la topografía y peso del H2O.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 69

Dibujo donde se muestra el colocado de los soportes laterales que soportaran la topografía.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 70

Dibujo donde se muestra el colocado de la madera que dará la forma de la topografía que se hará con base de concreto.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 71

Dibujo donde se muestra el colocado de la madera que dará la forma de la topografía que se hará con base de concreto que ya se esta vaciando a medida que avancen.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 72

Dibujo donde se muestra el concreto vaciado de la primera parte de la topografía que se esta simulando.



Referencia: Creación autónoma

4.6.2. Proceso constructivo más adecuado para la fabricación del aliviadero y correcto montaje.

Dibujo 73

Dibujo donde se muestra el armado de la presa en base a refuerzos horizontales y verticales en base a acero.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 74

Dibujo donde se muestra el armado de la presa en base a refuerzos horizontales y verticales en base a acero.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 75

Dibujo donde se muestra el armado de la presa en base a refuerzos horizontales y verticales en base a acero.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 76

Dibujo donde se muestra el recubrimiento de la presa con planchas de acero las cuales son soldadas a la estructura de soporte metálico.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 77

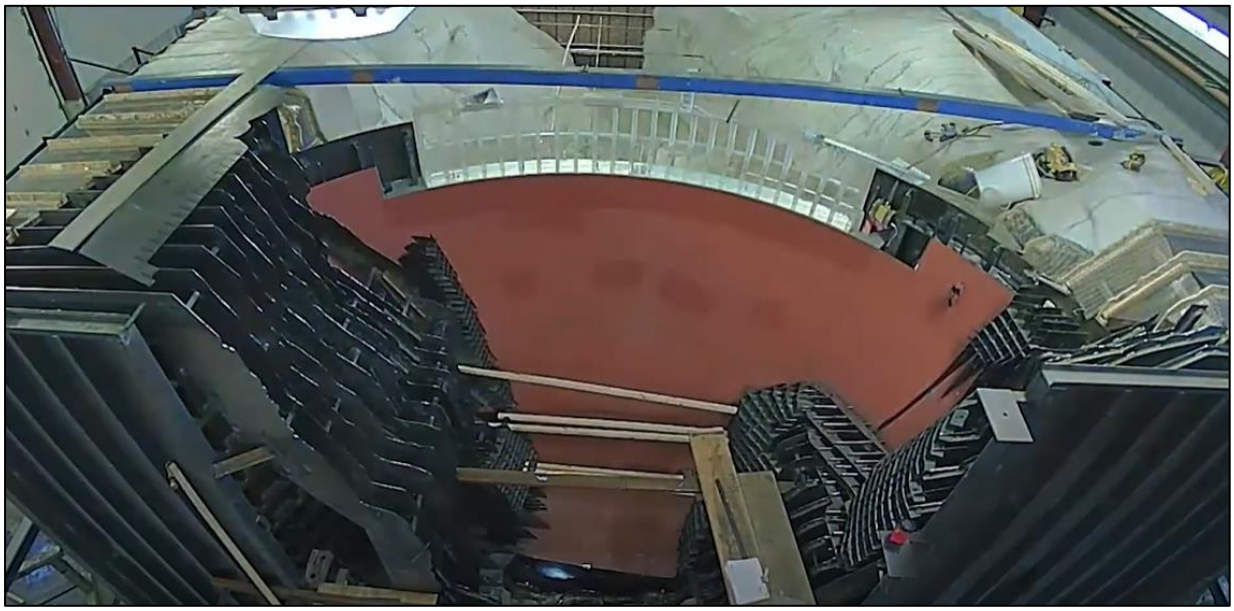
Dibujo donde se muestra el recubrimiento de las juntas de planchas metálicas con un aditivo especial que no dejara filtrar el H2O.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 78

Dibujo donde se muestra el armado de la topografía frontal que soportara a la presa que ya fue culminada.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 79

Dibujo donde se muestra el recubrimiento con concreto de la topografía frontal y el impermeabilizado de la presa



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 80

Dibujo donde se muestra la culminación del modelado de la presa a escala listo para ser sometido a las diferentes pruebas.



Referencia: Creación autónoma

4.7. Determinación de las características físicas del área de terreno.

4.7.1. Estudio geodésico

El estudio geodésico con GPS diferencial (DGPS) es un método preciso para medir posiciones geográficas utilizando un sistema de posicionamiento global que aplica correcciones diferenciales en tiempo real. Este método utiliza dos receptores: uno fijo, que actúa como estación base, y otro móvil, que realiza las mediciones en el campo. La estación base conoce su posición exacta y calcula las diferencias entre esa posición y las lecturas del GPS, transmitiendo estas correcciones al receptor móvil para obtener cooordenadas con precisión submétrica o centimétrica.

Dibujo 81

Dibujo donde se muestra la monumentación del punto geodésico de tipo C.



Referencia: Creación autónoma

EL ESTUDIO GEODESICO SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.7.2. Estudio topográfico con dron

El levantamiento topográfico con dron es una técnica moderna que utiliza vehículos aéreos no tripulados (drones) equipados con cámaras y sensores de alta precisión para capturar imágenes aéreas y datos geoespaciales. Estos datos permiten generar modelos tridimensionales

del terreno, ortomosaicos (imágenes aéreas corregidas) y mapas de alta resolución. El proceso incluye planificar el vuelo del dron, capturar las imágenes desde distintas alturas y ángulos, y luego procesar los datos mediante software especializado para obtener mapas topográficos detallados con precisión centimétrica.

Dibujo 82

Dibujo donde se muestra el dron para el levantamiento topográfico



Referencia: Creación autónoma

EL ESTUDIO TOPOGRAFICO SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

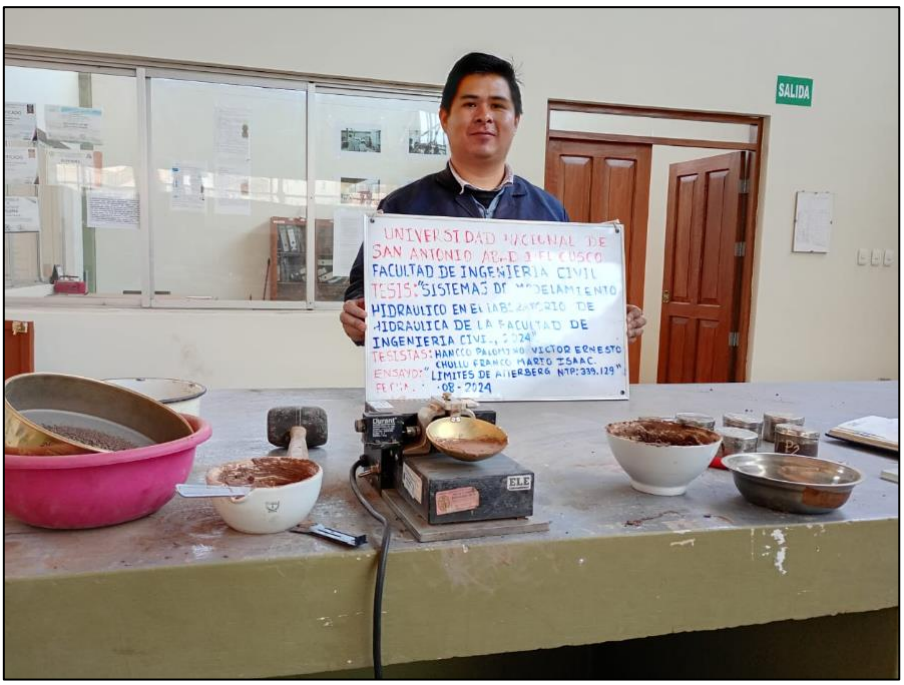
4.7.3. Estudio de mecánica de suelos.

Este análisis con fines de cimentación se trata de la evaluación de las caracteristicas donde se va a construir, con el objetivo de obtener su cap. Portante y garantizar la estabilidad de la estructura. Este proceso incluye la recolección de muestras de suelo mediante perforaciones o excavaciones, y su posterior análisis en laboratorio para determinar parámetros

como la granulometría, plasticidad, compacidad, contenido de humedad, densidad y resistencia al corte.

Dibujo 83

Dibujo donde se muestra el uso del laboratorio para el estudio de suelos



Referencia: Creación autónoma

EL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.7.4. Estudio pluvial

El estudio pluvial con el método ILLA es una técnica utilizada para analizar el comportamiento hidrológico, con el fin de estimar el caudal de escorrentía generado por eventos de precipitación. El procedimiento ILLA se basa en la identificación de las graficas de intensidad, duración y frecuencia (IDF) para caracterizar las lluvias en la región de estudio y determinar el impacto que tendrán sobre la red de drenaje o infraestructura.

EL ESTUDIO PLUVIAL SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.8. Diseño del laboratorio de hidráulica de ingeniería civil.

4.8.1. Diseño arquitectónico

EL PRESENTE DISEÑO SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.8.2. Diseño estructural

EL PRESENTE DISEÑO SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.8.3. Diseño del sistema de recirculación.

EL PRESENTE DISEÑO SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.8.4. Instalaciones eléctricas

EL PRESENTE DISEÑO SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.8.5. Instalaciones sanitarias

EL PRESENTE DISEÑO SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.9. Modelado en 3D del laboratorio de hidráulica

El modelado en 3D del laboratorio de hidráulica se realizará utilizando el software SketchUp Pro 2022, nos ayuda a diseñar detalladamente los espacios y equipamientos del laboratorio. El objetivo principal de este modelado es crear una visualización completa de las áreas funcionales, incluyendo las zonas de experimentación, áreas de almacenamiento, y las estructuras asociadas, como la cisterna, el tanque elevado y el corredor de flujo.

- **Etapas del modelado 3D**
    - Definición de la planta del laboratorio:

Se trazará la geometría base del laboratorio en planta, tomando en cuenta las diimensiones reales proporcionadas por los estudios topográficos.

Se definirán las áreas funcionales, como las estaciones de trabajo, los espacios de circulación, y los laboratorios de experimentación con modelos hidráulicos.

- Modelado de estructuras y equipamiento:

Se modelarán los elementos estructurales, tales como columnas, vigas, y las paredes que delimitan las diferentes áreas.

Además, se incluirán los equipos hidráulicos principales, como los corredores de ensayo, tanques, y bombas de H2O, que son esenciales para los experimentos de flujo.

- Texturización y aplicación de materiales:

Se asignarán materiales como concreto, vidrio, y acero para simular las superficies reales del laboratorio.

Los detalles arquitectónicos se destacarán con texturas que permitan visualizar cómo lucirá el laboratorio una vez construido.

- Renders:

Para la presentación final del modelo, se generarán renders de alta calidad. Estas imágenes permitirán visualizar el laboratorio desde diferentes ángulos, incluyendo vistas aéreas, interiores y detalles de equipamiento.

Los renders incluirán efectos de iluminación y sombras para mejorar el realismo del modelo.

Dibujo 84

Dibujo donde se muestra la vista en perspectiva exterior frontal del laboratorio.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 85

Dibujo donde se muestra la vista en perspectiva exterior lateral derecho del laboratorio.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 86

Dibujo donde se muestra la vista del interior del laboratorio.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 87

Dibujo donde se muestra la vista del interior del laboratorio.



Referencia: Creación autónoma

Dibujo 88

Dibujo donde se muestra la vista del interior del laboratorio.



Referencia: Creación autónoma

4.9.1. Planos de arquitectura.

LOS PLANOS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.9.2. Planos estructurales.

LOS PLANOS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.9.3. Planos del sistema de recirculación.

LOS PLANOS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.9.4. Planos instalaciones eléctricas y sanitarias.

LOS PLANOS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.10. Presupuesto y programación de obra del futuro laboratorio de hidráulica.

EL PRESUPUESTO Y PROGRAMACION SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.11. Determinación de los posibles modelos hidráulicos que albergará el futuro laboratorio de hidráulica en base al sílabus de ING. Civil.

En base en la evaluación de la curricular y la malla estudiantil en la facultad, se identificaron las asignaturas directamente relacionados con hidráulica y fluidos que pueden beneficiarse del uso de modelos hidráulicos en el laboratorio. Estos cursos incluyen:

- Mecánica de Fluidos I (IC451)
- Hidráulica General (IC452)
- Hidrología General (IC461)
- Irrigaciones (IC462)
- Hidráulica Avanzada (IC453)
- Obras Hidráulicas (IC463)
- Planeamiento de Recursos Hídricos (IC471)
- Aprovechamientos Hidroeléctricos (IC473)
- Ingeniería de Ríos y Costas (IC483)

4.11.1. Mejoras en la Propuesta de Modelos Hidráulicos para el Laboratorio

4.11.1.1. Corredor de Flujo Abierto

- **Cursos Relacionados:** Mecánica de Fluidos I, Hidráulica General, Hidráulica Avanzada.
- **Mejora Propuesta:** Considerar diferentes secciones transversales y conDibujociones para el corredor (rectangular, trapezoidal) para enseñar el comportamiento del flujo en distintas condiciones.
- **Cantidad Sugerida:** 1 corredor con conDibujociones ajustables.

4.11.1.2. Modelo de Orificios y Boquillas

- **Cursos Relacionados:** Mecánica de Fluidos I, Hidráulica General.
- **Mejora Propuesta:** Incluir varios tipos de boquillas y orificios intercambiables para estudiar el efecto en la pérdida de carga y caudal.
- **Cantidad Sugerida:** 1 modelo modular.

4.11.1.3. Modelo de Compuertas y Vertederos

- **Cursos Relacionados:** Hidráulica General, Obras Hidráulicas.
- **Mejora Propuesta:** Incorporar diferentes tipos de compuertas (deslizantes, sectoriales) y vertederos (rectos, cipoletti) para un análisis comparativo.
- **Cantidad Sugerida:** 1 modelo modular con diferentes conDibujociones.

4.11.1.4. Simulador de Aforos y Estaciones Hidrométricas

- **Cursos Relacionados:** Hidrología General, Planeamiento de Recursos Hídricos.

- **Mejora Propuesta:** Integrar tecnología de sensores modernos para medir el caudal en tiempo real, y vincularlo con software de gestión de datos.
- **Cantidad Sugerida:** 1 simulador con estaciones de aforos y sensores.

4.11.1.5. Modelo de Cuenca Hidrológica

- **Cursos Relacionados:** Hidrología General, Planeamiento de Recursos Hídricos.
- **Mejora Propuesta:** Crear un modelo de cuenca a escala que permita observar la escorrentía, infiltración, y evaporación en diferentes condiciones climáticas simuladas.
- **Cantidad Sugerida:** 1 modelo a escala.

4.11.1.6. Tanque de Oleaje

- **Cursos Relacionados:** Ingeniería de Ríos y Costas, Aprovechamientos Hidroeléctricos.
- **Mejora Propuesta:** Incorporar generadores de oleaje controlados por software para estudiar la interacción de las olas con estructuras costeras.
- **Cantidad Sugerida:** 1 tanque.

4.11.1.7. Modelo de Irrigación por Aspersión y Goteo

- **Cursos Relacionados:** Irrigaciones.
- **Mejora Propuesta:** Desarrollar un sistema que permita la simulación de riego por aspersión y goteo, con la capacidad de ajustar parámetros como la presión y el caudal.
- **Cantidad Sugerida:** 1 sistema modular.

4.11.1.8. Simulador de Aprovechamiento Hidroeléctrico

- **Cursos Relacionados:** Aprovechamientos Hidroeléctricos.
- **Mejora Propuesta:** Incluir turbinas a escala y sistemas de generación eléctrica para enseñar la transformación de energy hidráulica en energy eléctrica.
- **Cantidad Sugerida:** 1 simulador.

4.11.1.9. Presa con Aliviadero Tipo Salto hidráulico en rampa - eskí

- **Cursos Relacionados**: Mecánica de Fluidos I, Hidráulica General, Hidrología General, Obras Hidráulicas, Hidráulica Avanzada, Planeamiento de Recursos Hídricos, Aprovechamientos Hidroeléctricos, Ingeniería de Ríos y Costas, Irrigaciones.

- **Mejoras Propuestas:**
  - Diseño Modular y Ajustable para diferentes conDibujociones de presas y aliviaderos.
  - Incorporación de Sensores para análisis en tiempo real.
  - Software de Gestión de Datos para simulaciones y análisis automáticos.
  - Simulaciones de Gran Escala para replicar condiciones reales.
- **Cantidad Sugerida:** 1 modelo modular completo.

4.12. Determinación de los posibles equipos e instrumentos hidrométricos para el análisis de los modelamientos hidráulicos.

4.12.1. Instrumentos para medición

4.12.1.1. Dispositivos de medición fijos

- **Limnímetros**

Los limnímetros son instrumentos utilizados para medir los niveles de agua en diferentes secciones del modelo. Para garantizar una medición adecuada, se requiere la

instalación de un limnímetro sobre el corredor de aforo, así como tres adicionales en las zonas de los modelos y otros tres en la sección aguas abajo. Estos dispositivos consisten en un tubo de vidrio cilíndrico conectado a la zona donde se desea determinar la altura del flujo. Sobre este tubo se coloca un limnímetro de cremallera, calibrado con una precisión de hasta 0.1 milímetros, lo cual permite registrar con exactitud los cambios de nivel en los diferentes puntos del sistema.

- **tableros multipiezométricos**

Estos tableros se utilizan para medir las presiones estáticas en distintas partes del modelo, tales como vertederos, canales de restitución, rápidos, saltos de esquí, entre otros. Cada toma piezométrica está formada por pequeños tubos de acrílico conectados a los puntos específicos donde se desea medir la presión del agua. Los tubos están montados sobre una escala graduada en milímetros, lo que permite registrar de manera precisa la presión hidrostática en cada sección del modelo. Esta disposición de múltiples puntos de medición proporciona una visión completa de las condiciones de presión en los diferentes componentes de la infraestructura modelada.

- **H1-1/H1-2/H1-3 – Calibradores de punta y gancho Vernier:**

Son calibradores manuales que se utilizan para medir niveles de H2O de forma precisa en un punto fijo.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **H1-7/H1-8 – Calibres digitales de gancho y punta:**

Versiones electrónicas de los calibradores de punta, también diseñados para mediciones en puntos fijos.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **H1-11 – Trípode:**

Un soporte fijo para colocar instrumentos de medición, utilizado en conDibujociones estables donde se requiere precisión constante.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **H12-1/H12-7 – Manómetros de líquidos:**

Instrumentos fijos para medir presión en puntos específicos dentro del sistema hidráulico.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **H33/H33-10 – Caudalímetro de velocidad de hélice:**

Dispositivo fijo que mide la velocidad del flujo a través de una hélice en un corredor o sistema hidráulico.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **FS-1.1 Medición de flujo en ciencia de fluidos:**

Dispositivo fijo utilizado para medir el caudal de fluidos en sistemas hidráulicos, principalmente en corredorizaciones.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **FS-1.2 Pérdidas de energy en tuberías rectas:**

Sistema fijo para evaluar las pérdidas de energy en conductos rectos, útil para analizar la eficiencia de flujo.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **FS-1.3 Pérdidas de energy en curvas:**

Similar al anterior, pero diseñado para medir la pérdida de energy en codos y curvas de tuberías.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **FS-2.1 – Manómetro para fluidos – Inclinado:**

Medidor fijo de presión de fluidos que proporciona lecturas precisas en inclinaciones.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **FS-2.2 – Manómetro para ciencia de fluidos – Tubo en U:**

Manómetro fijo en forma de tubo en U, utilizado para mediciones precisas de presión diferencial.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **FS-3.1 – Intercambiador de calor de carcasa y tubos para ciencia de fluidos:**

Dispositivo fijo diseñado para medir el intercambio de calor en sistemas hidráulicos complejos.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **FS-3.2 – Intercambiador tubular de fluidos:**

Otro intercambiador fijo que nos ayuda en la pruebas de cambio o transferencia de calor en fluidos.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **FS-3.4 – Intercambiador de calor de placas para ciencia de fluidos:**

Instrumento fijo utilizado en el análisis de intercambio de calor a través de placas.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **PCT60 – Control de nivel:**

Sistema fijo diseñado para controlar y monitorizar el nivel de fluidos en tanques o reservorios dentro del laboratorio.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **PCT61 – Control de flujo:**

Dispositivo fijo que regula y mide el flujo de fluidos en procesos hidráulicos, fundamental para el análisis de caudales en sistemas cerrados.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **PCT62 – Control de temperatura:**

Instrumento fijo para controlar y mantener la temperatura de los fluidos, útil en experimentos que requieren condiciones térmicas específicas.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **PCT63 – Control de presión:**

Un sistema fijo diseñado para medir y controlar la presión en los diferentes puntos del proceso hidráulico, proporcionando estabilidad en las simulaciones.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.12.1.2. Dispositivos de medición móvil

El análisis de modelos hidráulicos requiere de una serie de dispositivos móviles de medición que permitan recopilar datos precisos y en tiempo real de diversas variiables de posible estudio. Tambien se describen los instrumentos más importantes, su propósito y recomendaciones técnicas específicas para el laboratorio.

- **Medidor de flujo acústico y digital**

Este dispositivo de alta precisión se emplea para medir las 3 partes del vectore de vel. en el flujo de agua. Funciona utilizando tecnología acústica, lo que permite obtener lecturas detalladas y exactas de la velocidad del fluido. El modelo recomendado para el laboratorio es el OTT ADC de 6 MHz, que destaca por su capacidad para proporcionar mediciones precisas en diferentes condiciones de flujo. El Dibujo 89 presenta un esquema de este velocímetro de flujo acústico.

Dibujo 89

Dispositivo acústico de medición de caudal



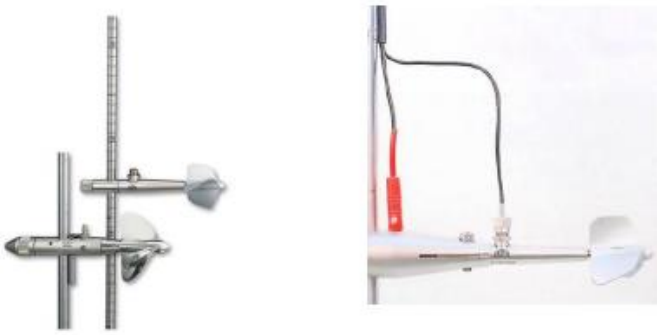
Fuente. OTT, Sistema acústico para la medición del caudal ADC

- **Micro molinete**

Diseñado específicamente para la medición de corrientes de baja velocidad en canales abiertos, el micro molinete permite realizar mediciones en rangos que van desde 0.025 m/s hasta 5.0 m/s, que ayuda como un instrumento multifuncional tanto para estudios de campo como de laboratorio. El modelo sugerido es el C2, el cual es ampliamente utilizado en estudios hidrométricos. En el Dibujo 90, se ilustra un esquema de este equipo de medición.

Dibujo 90

Sensor de corriente de precisión



Fuente. OTT, Instrucciones de Manejo Molinete C2

- **Tubo de pitot**

Es un instrumento esencial para determinar la vel. del flujo de agua mediante la medición directa del caudal. Este dispositivo utiliza la diferencia de presión para calcular la

velocidad y se recomienda la utilización de tres longitudes estándar: 150 mm, 300 mm y 450 mm, todas ellas provistas por la firma Armfield. Un esquema detallado se muestra en el Dibujo 91.

Dibujo 91
Sonda de presión diferencial



Fuente. Página Oficial de Armfield

- **Sensor de radar**

El sensor de radar se emplea para medir el nivel del agua superficial sin contacto directo, utilizando tecnología de impulsos de radar. Esta característica lo hace ideal para entornos donde la contaminación del agua o las condiciones climáticas podrían interferir con otros tipos de sensores. El sensor OTT RLS es el modelo recomendado debido a su bajo consumo de energy, amplio rango de medición de hasta 35 metros y capacidad para conectarse a sistemas de transmisión de datos a distancia. Su estructura robusta y resistente facilita su montaje en el sitio de medición. Se presenta un esquema en el Dibujo 92.

Dibujo 92
Medidor de nivel sin contacto



Fuente. Jalil, J.

- **Piezómetros**

Los piezómetros son instrumentos diseñados para medir la presión estática en puntos específicos y proporcionar un registro de estas presiones a lo largo de un intervalo de tiempo. Estos dispositivos cubren un rango de -0.02 kg/cm² a 0.08 kg/cm², y son fundamentales para evaluar la carga de presión en los modelos hidráulicos. En el Dibujo 93, se presenta una representación del piezómetro utilizado.

Dibujo 93
Medidor de presión de fluidos



Fuente. Página Oficial de Armfield

- **Medidores de presión portátil**

Estos dispositivos permiten registrar en tiempo real los valores de presión relativa y presiones diferenciales en diferentes puntos del modelo. Los modelos recomendados son el H12-8 de 2000 mBar y el H12-9 de 140 mBar, los cuales destacan por su precisión y portabilidad. En el Dibujo 109, se ilustra el medidor de presión portátil.

Dibujo 94
Manómetro portátil



Fuente. Jalil, J.

- **Sistema piv laser para medición y visualización de caudal y velocidad**

Este sistema se utiliza para medir las velocidades del flujo en múltiples puntos simultáneamente. Su software intuitivo ofrece amplias funciones para la visualización, grabación y procesamiento de datos de velocidad y otros parámetros estadísticos derivados del flujo. Se recomienda el modelo H41-1 del fabricante Armfield, que ha sido diseñado para estudios detallados en modelos hidráulicos.

Dibujo 95

Equipo de visualización y análisis de flujo por láser



Fuente. Página Oficial de Armfield

- **Visualizador de flujo FS-5.1:**

Instrumento portátil que permite visualizar y analizar el comportamiento del flujo en diferentes sistemas hidráulicos.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **FS-3.3 – Flujo cruzado en ciencia de fluidos:**

Dispositivo móvil que mide el comportamiento de flujo cruzado entre diferentes medios o tuberías.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **FS-4.1 Ciencia de fluidos Lecho fluidizado:**

Sistema móvil que estudia el comportamiento de fluidos en un lecho fluidizado, utilizado en simulaciones y modelos móviles.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **FS-2.1 – Manómetro portátil:**

Similar al dispositivo fijo, pero en formato portátil, permite medir presiones en distintos puntos del sistema de forma temporal.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **PCT23MKII – Entrenador de plantas de proceso:**

Equipo móvil que simula un sistema de planta de procesos, permitiendo ajustar variiables como presión, nivel, flujo y temperatura en diferentes puntos del sistema. Es portátil y puede ser trasladado entre experimentos.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **Gama PCT40: sistema de enseñanza de control de procesos multifunción:**

Sistema móvil multifuncional que se utiliza para la enseñanza de control de procesos. Permite monitorizar y modificar varios parámetros en distintos puntos del sistema de manera flexible.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

- **PCT64 – Servo péndulo:**

Un dispositivo móvil que sirve para simular y medir el comportamiento de control de sistemas dinámicos como el péndulo servo, siendo útil en diversas simulaciones de control.

LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.12.2. Equipamiento de laboratorio para el área didáctica

El equipamiento de un laboratorio de hidráulica destinado al área didáctica es esencial para proporcionar a los alumnos gran apoyo académico en la práctica y teórica de las bases fundamentales de la hidráulica. Este equipamiento no solo facilita la enseñanza, sino que también permite la realización de experimentos y la visualización de conceptos clave en la ingeniería hidráulica. A continuación se detallan los equipos:

LOS EQUIPOS DICATICOS SE ENCUENTRA EN LOS ANEXOS.

4.12.3. Instalaciones adicionales

4.12.3.1. Taller de metales y carpintería

Se dispondrá de un taller de metales y carpintería completamente equipado para la construcción de modelos a escala y la fabricación de estructuras de precisión. El taller contará con el equipamiento necesario para trabajar tanto con madera como con metales, garantizando la creación de piezas exactas para proyectos de ingeniería y arquitectura.

El equipamiento incluirá:

- **Sierras de cinta**: Para cortar grandes bloques de madera o metal con precisión, adaptándose a formas curvas o irregulares.
- **Sierras radiales**: Utilizadas para cortes rectos y transversales en materiales largos o grandes.
- **Canteadora y cepilladora**: Equipos esenciales para alisar y perfilar los bordes de la madera, asegurando un acabado uniforme.
- **Torno**: Herramienta para trabajar piezas cilíndricas, permitiendo esculpir y moldear madera o metal con precisión.
- **Soldador de cintas**: Para la unión de piezas metálicas mediante calor, garantizando una estructura robusta y duradera.
- **Caladora**: Para cortes detallados y precisos, ideal para trabajar en espacios reducidos o diseños intrincados.
- **Esmeriles y amoladoras**: Utilizados para afilar, pulir, o eliminar material de las piezas metálicas y de madera.
- **Horno para moldear en acrílico**: Permite la creación de piezas personalizadas en plástico mediante calentamiento y moldeado.
- **Herramientas menores**: Como martillos, taladros, destornilladores, sierras de mano, y más, para trabajos de detalle y ajustes finos.

Dibujo 96

Dibujo donde se muestra el taller de metales y carpintería planteado



Referencia: Creación autónoma

4.12.3.2. Taller de electrónica

Se dispondrá de un taller de electrónica en el laboratorio de modelos hidráulicos, equipado con todas las herramientas y dispositivos necesarios para el diseño, ensamblaje, y pruebas de sistemas electrónicos que monitorean y controlan los experimentos hidráulicos. Este taller estará destinado al desarrollo de los circuitos y sistemas de medición, así como al control de los modelos a escala mediante sensores y actuadores electrónicos.

El equipamiento incluirá:

- **Estaciones de soldadura**: Equipadas con cautines de precisión, ideales para ensamblar componentes electrónicos en circuitos impresos (PCBs).
- **Fuentes de alimentación**: Para suministrar energy controlada a los dispositivos y circuitos, con capacidad de ajustar el voltaje y la corriente.
- **Multímetros digitales y osciloscopios**: Herramientas fundamentales para la medición y análisis de señales eléctricas, verificando el correcto funcionamiento de los circuitos.

- **Generadores de señal**: Para pruebas de sistemas eléctricos mediante la simulación de distintas señales y frecuencias.
- **Placas de desarrollo (Arduino, Raspberry Pi)**: Utilizadas para programar y controlar los sistemas electrónicos y los sensores que monitorean los parámetros hidráulicos, como el caudal, presión, y nivel del H2O.
- **Sensores de presión, flujo y nivel**: Para medir las condiciones físicas del H2O en los modelos hidráulicos, los cuales se integrarán con las tecnologías de manejo y recolección de datos.
- **Controladores lógicos programables (PLC)**: Equipos esenciales para automatizar los sistemas hidráulicos y realizar el monitoreo en tiempo real.
- **Herramientas manuales**: Como pinzas, destornilladores y cortadores de cable, necesarias para la manipulación y ensamblaje de los componentes electrónicos.

Dibujo 97

Dibujo donde se muestra el taller de electrónica planteado



Referencia: Creación autónoma

4.12.3.3. Capacitacion

La capacitación a los profesionales para el uso del laboratorio de hidráulica estará enfocada en garantizar el correcto manejo de los equipos y el software de modelado, así como la comprensión de los procedimientos experimentales. La capacitación se dividirá en sesiones teóricas y prácticas que cubrirán los siguientes aspectos clave:

1. **Familiarización con los equipos**: Los profesionales recibirán formación sobre el funcionamiento de los equipos hidráulicos, como los corredores de flujo, tanques de almacenamiento, bombas y sensores de medición de caudal, presión y nivel.
2. **Modelado y simulación en software**: Se impartirán sesiones para el uso de herramientas de software utilizados en el laboratorio, para la creación y análisis de modelos 3D y la simulación de sistemas hidráulicos.
3. **Monitoreo y control electrónico**: Se ofrecerá formación en el manejo de los sistemas electrónicos y de control, como el uso de sensores y actuadores que interactúan con los modelos hidráulicos.
4. **Manejo de datos y análisis**: Capacitación sobre cómo recolectar y procesar los datos obtenidos de los ensayos, utilizando herramientas de adquisición de datos y análisis de resultados.
5. **Seguridad en el laboratorio**: Muestra las mejores prácticas para evitar accidentes durante los experimentos.

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

La presente tesis cumplió con los objetivos planteados, al desarrollar las especificaciones técnicas necesarias para la instalación y montaje de sistemas de modelamiento hidráulico en el laboratorio de la UNSAAC. A continuación, se discuten los resultados obtenidos en relación a cada uno de los objetivos específicos y su relevancia para la implementación del laboratorio.

- **1. Establecimiento de las Características del Área de Terreno**

El análisis del área de terreno disponible permitió obtener resultados precisos sobre las diimensiones y condiciones del espacio para el montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que indican la importancia de un espacio bien delimitado y optimizado para la instalación de laboratorios hidráulicos. En este caso, se realizó una distribución eficiente del espacio, maximizando el uso de cada metro cuadrado disponible para garantizar un flujo adecuado en las actividades experimentales.

Este aspecto es clave, ya que la adecuada planificación del terreno no solo mejora la operatividad del laboratorio, sino que también facilita futuras ampliaciones o adaptaciones. La distribución propuesta permite la incorporación de nuevos equipos sin necesidad de realizar cambios significativos en la infraestructura básica, lo que ofrece flexibilidad a largo plazo. Comparado con estudios previos de implementación de laboratorios hidráulicos, este enfoque resuelve de manera eficiente el problema de espacio limitado, común en muchas universidades.

- **2. Desarrollo de Especificaciones Técnicas para Equipos e Instrumentos Hidrométricos**

La elección de los equipos hidrométricos fue un paso crucial para garantizar que el laboratorio sea funcional y cumpla con los estándares de calidad. Los equipos seleccionados, tales como caudalímetros y manómetros, están alineados con las tendencias actuales en instrumentación hidráulica avanzada, lo que permite replicar fenómenos hidráulicos con alta

precisión a una escala de 1/100. Los resultados obtenidos reflejan que la implementación de estos instrumentos mejorará significativamente la capacidad de los alumnos para analizar y modelar comportamientos de flujos en diferentes condiciones experimentales.

En comparación con los laboratorios hidráulicos tradicionales, que suelen utilizar equipamiento básico, la propuesta de esta tesis representa un avance considerable. El uso de tecnología de punta facilita una experimentación más detallada y precisa, aumentando la capacidad del laboratorio para realizar investigaciones avanzadas y simular proyectos reales. La selección de estos equipos fue apoyada por una tesis científica que subraya la relevancia de contar con instrumentos de alta sensibilidad para replicar modelos físicos de sistemas hidráulicos complejos.

- **3. Impacto en la Formación Académica e Investigativa**

El nuevo laboratorio, basado en los resultados obtenidos, tendrá un impacto directo en la calidad de la enseñanza y la tesis en la Facultad de Ingeniería Civil. La incorporación de sistemas de modelamiento hidráulico a escala permitirá a los estudiantes interactuar con modelos físicos en un entorno controlado, lo que reforzará su comprensión teórica con experiencias prácticas. Esto coincide con estudios que muestran cómo los laboratorios bien equipados contribuyen al desarrollo de habilidades analíticas y técnicas esenciales en la formación de ingenieros civiles.

Además, el laboratorio no solo servirá como una herramienta educativa, sino que también abrirá nuevas oportunidades para la tesis aplicada, un área que estaba limitada debido a la falta de infraestructura adecuada. Este aspecto es fundamental, ya que permitirá a los docentes y estudiantes realizar estudios más complejos sobre temas como el manejo de recursos hídricos y la gestión de riesgos, alineándose con las necesidades actuales de la sociedad en términos de infraestructura hidráulica eficiente y sostenible.

- **4. Comparación con Estudios Previos**

Al comparar los resultados obtenidos con estudios previos en otros laboratorios de hidráulica a nivel nacional e internacional, se observa que la propuesta desarrollada ofrece ventajas significativas en cuanto a la flexibilidad de los equipos y la optimización del espacio. Muchos laboratorios existentes no cuentan con instrumentos avanzados para el modelamiento a escala, lo que limita su capacidad de análisis. En contraste, este proyecto asegura una mejor formación académica y contribuye al avance del conocimiento en hidráulica aplicada, lo que posiciona a la UNSAAC como un referente en este ámbito.

- **5. Limitaciones del Estudio y Propuestas Futuras**

A pesar de que los objetivos de la tesis fueron alcanzados, es necesario reconocer algunas limitaciones del estudio. Por ejemplo, el proceso de implementación dependerá de factores externos como el financiamiento y la capacitación continua del personal técnico y docente. Además, la instalación y montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico requerirán un seguimiento constante para asegurar que los equipos funcionen de manera óptima a largo plazo.

Como propuesta futura, se sugiere continuar investigando la posibilidad de integrar sistemas de simulación digital que complementen el modelamiento físico, optimizando aún más el análisis de fenómenos complejos como la interacción de corrientes y la gestión de presiones en grandes infraestructuras hidráulicas.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

- En conclusión, los resultados obtenidos no solo cumplieron con los objetivos planteados, sino que además ofrecen una solución integral para la mejora del laboratorio de hidráulica, con impactos significativos en la formación de ingenieros civiles y la capacidad investigativa de la facultad. La implementación de los sistemas de modelamiento hidráulico propuestos permitirá a la universidad mantenerse a la vanguardia en la enseñanza y el análisis de fenómenos hidráulicos, lo que beneficiará tanto a los estudiantes como a la sociedad en general.
- Se elaboraron las especificaciones técnicas para la instalación y montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico, considerando los requerimientos funcionales y las condiciones físicas del laboratorio. El proyecto contempla un esquema detallado que incluye la disposición de los equipos hidrométricos, los criterios de seguridad y eficiencia, y las recomendaciones para la implementación de modelos hidráulicos a escala.
- El análisis del área de terreno disponible permitió definir las diimensiones adecuadas para el montaje de los sistemas de modelamiento hidráulico, asegurando un espacio óptimo para la instalación de equipos e instrumentos. Se realizaron estudios topográficos detallados que muestran una distribución eficiente y accesible del laboratorio, garantizando la seguridad y la funcionalidad de las áreas de trabajo.
- Se desarrollaron las especificaciones técnicas para la instalación de equipos hidrométricos, incluyendo caudalímetros, manómetros, y tanques de almacenamiento, seleccionados en base a su capacidad de replicar fenómenos hidráulicos a escala 1/100. Los instrumentos propuestos cumplen con los estándares internacionales de precisión y durabilidad, asegurando una correcta simulación y análisis de flujos en el laboratorio.

CAPÍTULO 7: RECOMENDACIONES

- Evaluar el uso de las especificaciones técnicas de los equipos hidrométricos propuestos para mejorar o ampliar conocimientos para una mejora continua en el uso de los laboratorios.
- Antes de utilizar los instrumentos hidrométricos, se debe revisar que el equipo a utilizar se encuentre calibrado a la actualidad.
- Se sugiere ampliar el sistema de modelamiento hidráulico a escala en el futuro, incorporando modelos adicionales de infraestructuras hidráulicas como corredores, diques y sistemas de drenaje urbano. Esto permitirá diversificar las investigaciones y experimentos realizados en el laboratorio, enriqueciendo la formación académica y mejorando las capacidades investigativas de los estudiantes.
- Como complemento al modelamiento físico, se recomienda integrar tecnologías de simulación numérica y digital, como software de modelamiento hidráulico computacional. La combinación de modelos físicos y digitales brindará una comprensión más profunda de los fenómenos hidráulicos y facilitará el análisis de situaciones más complejas, optimizando los recursos del laboratorio.
- Para asegurar la sostenibilidad y el crecimiento del laboratorio, se recomienda gestionar financiamiento a través de proyectos de tesis, convenios con instituciones públicas y privadas, y la participación en programas de cooperación internacional. Este financiamiento podrá destinarse a la adquisición de nuevos equipos, la capacitación del personal y la actualización de las instalaciones.
- Se propone diseñar programas de capacitación continua para docentes y estudiantes en temas relacionados con el modelamiento hidráulico, manejo de equipos, y análisis de datos hidrométricos. Esto contribuirá a una mejor utilización del laboratorio y fomentará la tesis científica de alto nivel dentro de la facultad.

- Se recomienda implementar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos e instrumentos hidrométricos instalados en el laboratorio de hidráulica. Esto garantizará su correcto funcionamiento y prolongará su vida útil. Además, es importante capacitar al personal técnico en el uso adecuado de los equipos y actualizar sus conocimientos regularmente para asegurar que se mantengan al día con las nuevas tecnologías y tendencias en modelamiento hidráulico.
- Finalmente, se recomienda realizar evaluaciones periódicas del impacto educativo que genera el laboratorio en la formación de los estudiantes. Esto permitirá identificar áreas de mejora y asegurar que las instalaciones y los equipos sigan siendo herramientas efectivas para el aprendizaje práctico en la disciplina de ingeniería hidráulica.

CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFIA

Barros Martínez, J. F. (2017). Argumentación científica de ingenieros en formación. El aprendizaje de la hidráulica en el aula a partir de casos de las historias de las ciencias. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

Bos, M. G. (1989). *Weirs and Spillways in Hydraulic Engineering.* Londres, Reino Unido: Taylor & Francis.

Brooks, N. R. (2007). *Energy Dissipators and Hydraulic Jump Structures.* Nueva York, EE. UU.: American Society of Civil Engineers (ASCE).

Bruce R. Munson, D. F. (2013). *Fundamentals of Fluid Mechanics.* Hoboken, Nueva Jersey, EE. UU.: John Wiley & Sons.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, (. (2010). *Estudos de Modelagem Hidráulica Aplicados à Usina Hidrelétrica de Itaipu.* Río de Janeiro, Brasil: CEPEL.

Chanson, H. (2004). *Energy Dissipation in Hydraulic Structures.* Boca Ratón, Florida, EE. UU.: CRC Press.

Chanson, H. (2009). *Physical Models and Laboratory Techniques in Hydraulic Engineering.* Londres, Reino Unido: CRC Press.

Cimbala, Y. A. (2014). *Fluid Mechanics.* Nueva York, EE. UU.: McGraw-Hill Education.

Cotton, G. A. (1979). *A History of the Waterways Experiment Station, 1929-1979.* Vicksburg, Mississippi: Waterways Experiment Station.

ETH Zurich, D. d. (2018). *Análisis de la estabilidad de desagües de fondo y estructuras de vertedero mediante modelos físicos.* Zúrich, Suiza: ETH Zurich.

Falvey, T. L. (2003). *Design and Construction of Labyrinth Spillways.* Reston, Virginia, EE. UU.: American Society of Civil Engineers (ASCE).

Fenton, J. (2002). *Physical Models and Scale Effects in Hydraulic Engineering.* Londres, Reino Unido: Thomas Telford Publishing.

Franzini, E. J. (2002). *Fluid Mechanics with Engineering Applications.* Nueva York, EE. UU.: McGraw-Hill Education.

Hilbert Villafane Gomez, e. a. (2021). *Modelado del impacto de un escenario de GLOF en el lago Parón, Cordillera Blanca, Perú, utilizando un procedimiento novedoso de modelado topográfico y geológico.* Huaraz, Perú: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM).

Khatsuria, R. M. (2005). *Hydraulics of Spillways and Energy Dissipators.* Nueva York, EE. UU.: Marcel Dekker.

Knight, D. F. (2012). *Hydraulic Structures and Energy Dissipation Techniques.* Boca Ratón, Florida, EE. UU.: CRC Press.

Laboratorio Nacional de Hidráulica, U. N. (1960). *Universidad Nacional de Ingenieria*. Obtenido de https://lnh.uni.edu.pe/

Matousek, J. (2017). *Dimensional Analysis and Similarity in Fluid Mechanics.* Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.

Meulen, J. v. (2005). *Scaling Methods in Hydraulic Engineering.* Róterdam, Países Bajos: A. A. Balkema Publishers.

Molina, U. N. (s.f.). *Laboratorio de Recursos Hídricos (LRH).* Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Nanjing Hydraulic Research, I. (2010). *Physical Modeling and Hydraulic Research at Nanjing Hydraulic Research Institute.* Nanjing, China: Nanjing Hydraulic Research Institute.

National Research Council of, C. (1973). *Instructions for determining ice loads on river structures.* Ottawa, Canadá: National Research Council of Canada.

Parker, G. (2004). *Sediment Transport and Morphodynamics of Fluvial and Coastal Systems.* Nueva York, EE. UU.: American Society of Civil Engineers (ASCE).

Paul Tullis, J. (1989). *Hydraulic Structures: Energy Dissipation and Drainage.* Nueva York, EE. UU.: John Wiley & Sons.

Pavel Novak, A. I. (2010). *Hydraulic Modelling: An Introduction.* Londres, Reino Unido: CRC Press.

Peter George, W. (2011). *Hydraulic Design of Energy Dissipators for Dams.* Londres, Reino Unido: CRC Press.

Peterka, A. J. (2015). *Hydraulic Design Criteria for Energy Dissipation.* Reston, Virginia, EE. UU.: American Society of Civil Engineers (ASCE).

Rathbun, R. E. (1997). *Hydraulic Scale Modeling.* Nueva York, EE. UU.: McGraw-Hill Education.

Rhone, J. L. (1959). Behavior of Jet Divergence Angle in Hydraulic Structures. *Journal of the Hydraulics Division*, 1-20.

Robert W. Fox, A. T. (2015). *Introduction to Fluid Mechanics.* Hoboken, Nueva Jersey, EE. UU.: John Wiley & Sons.

Schaefer, J. S. (2008). *Hydraulic Jumps and Energy Dissipation in Hydraulic Engineering.* Reston, Virginia, EE. UU.: American Society of Civil Engineers (ASCE).

Schuyler, R. C. (2006). *Spillways: Design, Construction, and Operation.* Londres, Reino Unido: Thomas Telford Publishing.

Shearman, W. R. (1990). *Hydraulic Modelling and Scale Effects.* Londres, Reino Unido: Springer-Verlag.

Szirtes, T. (2007). *Dimensional Analysis for Engineers.* Oxford, Reino Unido: Butterworth-Heinemann.

Tison, E. C. (1996). *Hydraulic Modelling of Rivers and Channels: Principles and Applications.* Londres, Reino Unido: Routledge.

Toshihiko Horiuchi, M. O. (2022). Contributions of E-Defense Shaking Table to Earthquake Engineering and its Future. *Journal of Disaster Research*, 985-1000.

Universidad Nacional de Ingeniería, (. (s.f.). *Laboratorio Nacional de Hidráulica".* Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

Universidad Nacional de Piura, (. (s.f.). *Laboratorio de Hidráulica e Hidrología.* Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura.

UNSW Sydney, W. R. (2019). *Hydraulic Modelling of Spillways and Outlet Works for Dams.* Sídney, Australia: UNSW Sydney.

Victor Jennings, C. y. (2010). *Dam Engineering and Spillway Design.* Nueva York, EE. UU.: McGraw-Hill Education.

White, F. M. (2011). *Mecánica de fluidos.* Nueva York, EE. UU.: McGraw-Hill Education.

Woolhiser, W. J. (2013). *Computational Hydraulics and Hydrology: An Illustrated Dictionary.* Boca Ratón, Florida, EE. UU.: CRC Press.

Bolaños, F. A. (2012). *Laboratorio de física mecánica de fluidos como herramienta pedagógica*. Recuperado el 20 de agosto de 2017, de Ingeniería Solidaria.

Coeuret, F. (1992). *Introducción a la Ingeniería Electroquímica*. Barcelona, España: Reverté S.A. Recuperado el 26 de junio de 2018.

Cromer, A. (2006). *Física, en la ciencia y en la industria*. Barcelona, España: Reverté S.A. Recuperado el 24 de junio de 2018, de https://books.google.com.co/books?id=egCFOg6V2j0C&pg=PA228&dq=hidrodinamica+fisica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjT3YGey_nbAhWyq1kKHcEGCkgQ6AEILTAB#v=onepage&q=hidrodinamica%20fisica&f=false

Cruz, J. J. (1996). *Fundamentos sobre ahorro de energía*. Yucatán, México. Recuperado el 26 de junio de 2018, de https://books.google.com.co/books?id=ewrmHThYQIUC&pg=SA3-PA1&dq=BOMBAS+CENTRIFUGAS&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi_zOemzfnbAhW

Khouri, E. A. (s.f.). *Apuntes de hidráulica para explotaciones forestales*. Oviedo, España: Ediuno (Universidad de Oviedo Servicio de publicaciones). Recuperado el 24 de junio de 2018, de

https://books.google.com.co/books?id=-Vhqj-F4d34C&pg=PA133&dq=golpe+de+ariete&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjXxqzIw_fbAhWOxFkKHf01DFAQ6AEIPzAF#v=onepage&q=golpe%20de%20ariete&f=false

Lerma, H. D. (2004). *Metodología de la Tesis: Propuesta, Anteproyecto y Proyecto*. ECOE.

López, R. G. (2005). *Frío Industrial (1)*. España: Marcombo. Recuperado el 24 de junio de 2018.

María, et al. (2007). *La enseñanza de las buenas prácticas de laboratorio*. México D.F., México.

Mott, R. L. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México: Pearson Educación. Recuperado el 24 de junio de 2018, de https://books.google.com.co/books?id=LbMTKJ4eK4QC&printsec=frontcover&dq=mecanica+de+fluidos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi8wr_vhvfbAhUPPK0KHfWEDIcQ6AEIJjAA#v=onepage&q=densidad%20&f=false

Mott, R. L. (s.f.). *Mecánica de fluidos aplicada*. México: Pearson Educación. Recuperado el 23 de junio de 2018, de https://books.google.com.co/books?id=xUavR0u66PEC&pg=PA219&dq=flujo+laminar&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiasq-52PfbAhVN2lMKHXl0AyQQ6AEIJjAA#v=onepage&q=flujo%20laminar&f=false

CAPÍTULO 9: ANEXOS

- **Anexo 01: Especificaciones técnicas de los equipos hidrométricos**
- **Anexo 02: Estudios básicos**
  - ✓ Estudio geodésico
  - ✓ Estudio topográfico
  - ✓ Estudio de mecánica de suelos.
  - ✓ Estudio pluvial
- **Anexo 03: Ingeniería del proyecto**
  - ✓ Diseño arquitectónico
  - ✓ Diseño estructural
  - ✓ Diseño del sistema de recirculación.
  - ✓ Instalaciones eléctricas
  - ✓ Instalaciones sanitarias
  - ✓ Especificaciones técnicas del proyecto
- **Anexo 04: presupuesto y programación**
  - ✓ Metrados
  - ✓ Presupuesto
  - ✓ Apus
  - ✓ Programación de obra
- **Anexo 05: planos**
  - ✓ Planos de arquitectura.
  - ✓ Planos estructurales.
  - ✓ Planos instalaciones eléctricas y sanitarias.
  - ✓ Planos del sistema de recirculación.

CAPÍTULO 9. ANEXOS.

ANEXO 01:
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS HIDROMÉTRICOS

H SERIES

Product List - H1/H12/H14H30/H33/H40/H41

The Armfield **H series** provides a complete range of hydraulics instruments for both teaching and research purposes.

The collection includes Vernier Hook and Point Gauges to measure the steady state water surface position. A selection of easy to use manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6 metres of water.

Pitot tubes designed for measuring the velocity of water in open channels or closed ducts. Propeller Velocity Meter used to measure very low point velocities in water and other conductive fluids. The range additionally introduces students into Particle image Velocimetry (PIV).

H series product list

Vernier hooks, point gauges & stands	
▶ Vernier hooks & point guages	H1-1/H1-2/H1-3
▶ Electronic hook, point gauges & stands	H1-7/H1-8/H1-1
Open water, pressurised, mercury & kerosene manometers	
▶ Open water manometers	H12-1
▶ Pressurised water manometers	H12-2
▶ Mercury manometers	H12-3/H12-4
▶ Kerosene manometers	H12-5
▶ Electronic pressure meters	H12-8/H12-9
Computer compatible manometer bank	
▶ Computer compatible manometer bank	H14/2
Pitot tubes	
▶ Pitot tubes	H30
Propeller velocity flowmeter	
▶ Propeller velocity flowmeter	H33
Wave probe systems & Laser PIV system	
▶ Wave probe systems	H40
▶ Laser PIV system	H41



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Vernier Hook & Point Gauges - H1

H1-1 / H1-3 - Hook & Point Gauges

The measurement of steady state water surface position is frequently needed during hydraulic investigations.

This is done by using a small point or hook manually adjusted to touch the water surface, and a reading is taken of the vertical movement using a scale or vernier.

Description - Vernier Hook & Point Gauges (H1-1, H1-2, H1-3)

A mounting frame is clamped to a suitable support structure and a gauging rod is free to slide up and down over the water surface. A stainless steel hook or point is attached to the bottom end of the rod and is used to locate the water surface.

Gauging is carried out by means of a primary scale attached to the mounting frame and a vernier scale attached to the rod. The scales are in edge contact.

The rod is held in a screwed collar for fine adjustment and can be released for large, rapid changes of position. Zero can be reset by a locking screw positioned on the vernier scale.

Demonstration Capabilities

- Location of air-water surface boundaries with high resolution
- Measurement of slowly changing water levels in flumes and hydraulic models
- Measurement of mechanical deformation

Overall dimensions

H1-1 (150mm):		
Length	265mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-2 (300mm):		
Length	415mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-3 (450mm):		
Length	565mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-1 (150mm):	0.01 m^3	1.2kg
H1-2 (300mm):	0.01 m^3	1.5kg
H1-3 (450mm):	0.01 m^3	1.7kg

Ordering Specification

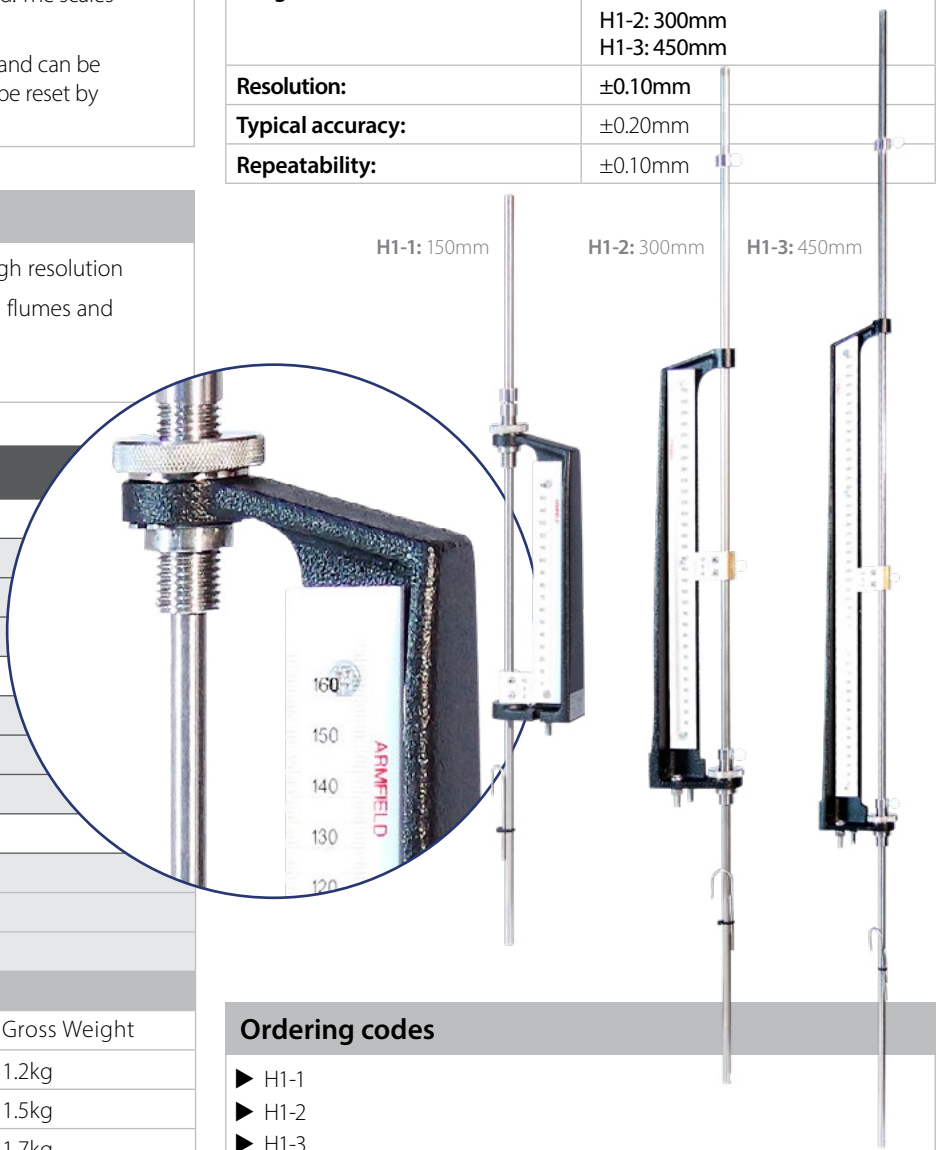
- A rugged low cost gauge for measurement of water surface position to ±0.20mm
- Mounting frame in enamelled cast aluminium
- Gauging rod and adjusting mechanism in bright plated brass
- Supplied complete with stainless steel hook and point

HT1 Accessories

- **H1-11:** Tripod stand

Technical specifications

Ranges:	H1-1: 150mm H1-2: 300mm H1-3: 450mm
Resolution:	±0.10mm
Typical accuracy:	±0.20mm
Repeatability:	±0.10mm



Ordering codes

- H1-1
- H1-2
- H1-3

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Digital Hook & Point Gauges - H1

H1-7 / H1-8 - Digital Hook & Point Gauges

A range of digital hook and point gauges which includes a liquid crystal display which indicates the movement of the gauging rod.

A push button sets the display to zero at any position, allowing the measurement of movement relative to a datum.

Description - Digital Hook & Point Gauges (H1-7, H1-8)

A mounting plate is clamped to a suitable support structure and a flat vertical shaft retained by the gauging unit is free to slide up and down over the water surface.

A steel point or hook is attached to the bottom end of the shaft and is used to locate the water surface.

The gauging unit consists of a liquid crystal electronic display which indicates the movements of the shaft.

A quick-release mechanism permits large changes to be rapidly accommodated, and a screw adjustment is provided for accurate final positioning.

A push button sets the display to zero at any position, so that relative movements compared with a datum can be easily measured.

This gauge is easy to use and minimises potential errors resulting from reading vernier scales.

Ordering Specification

- A direct indicating gauge which eliminates observation errors due to vernier and scale reading.
- Can be set to zero anywhere in the operating range to permit easy relative level checking.
- The liquid crystal display is easy to read and has a resolution of ±0.01mm.
- A push button gives immediate change to inches from millimetres if required.
- A quick-release mechanism permits rapid changes of position.

Overall dimensions

H1-7 (300mm):		
Length	450mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
H1-8 (500mm):		
Length	650mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-7 (300mm):	0.01 m^3	2kg
H1-8 (500mm):	0.02 m^3	2.5kg

Demonstration Capabilities

- Measurement of steady state of water with digital display

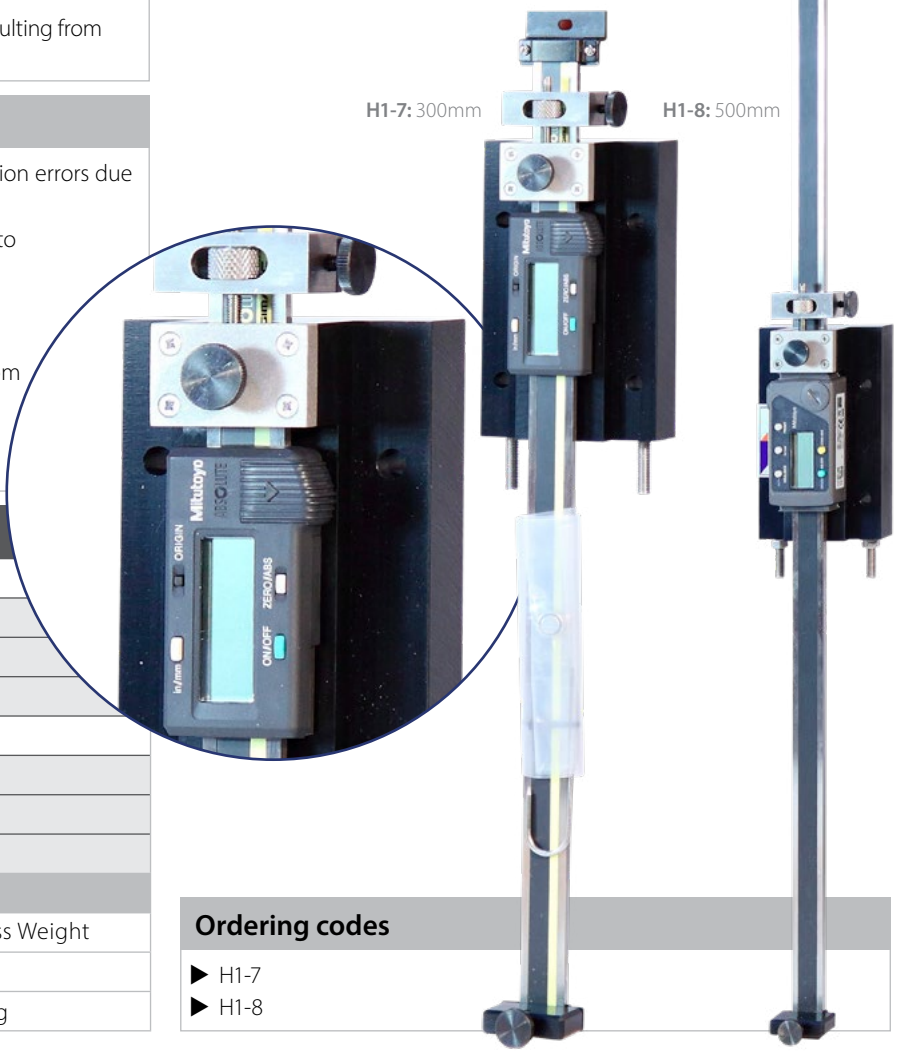
HT1 Accessories

- **H1-11:** Adjustable Tripod stand with mountings

Technical specifications

Ranges:	H1-7: 300mm H1-8: 500mm
Resolution:	±0.01mm
Typical accuracy:	±0.03mm
Repeatability:	±0.01mm
Operating temperature range:	5°C to 40°C

The gauge is powered continuously by a small cell battery with a life in excess of 6 months.
(No 'on/off' switch improves reliability)



Ordering codes

- H1-7
- H1-8

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Tripod Stands - H1-11

HT1-11 - Tripod Stand

A mounting tripod constructed from aluminium alloy is supported on three stainless steel rods secured by thumbscrews.

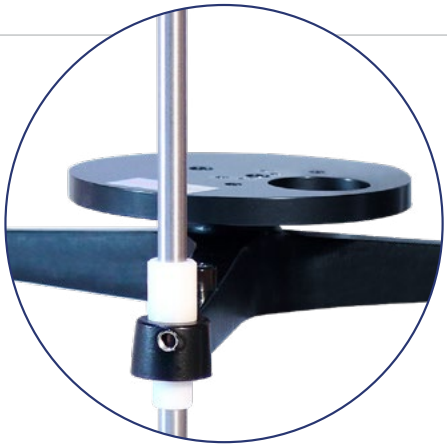
The rods are adjustable allowing the stand to be made level.

Description - Tripod Stand (H1-11)

This stand is suitable for use with vernier type Hook & Point gauges (H1-1, H1-2, H1-3) and the Pitot Tubes (H30). It is essential for the convenient use of the gauges in physical models. Also includes mountings and a clamp plate to make it suitable for other instruments, i.e. the Digital Hook and Point gauges (H1-7, H1-8), the micropropeller used on H32 and Propeller Velocity Flowmeter (H33).

Levelling is assisted by use of a 'Bullseye' spirit level mounted on the top plate.

A carrier plate mounted on the tripod supports the gauge. The whole assembly may be adjusted for height on the support rods.





Technical specifications

Product:	H1-11
Ranges:	500mm (normal)
Diameter of base:	340mm
Overall height:	660mm (without gauge)

Overall dimensions

H1-11:		
Length	340mm	
Width	340mm	
Height	660mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-11:	0.15 m^3	6kg

Ordering codes

▶ H1-11 Adjustable tripod stand with mountings

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Liquid Manometers & Meters - H12

H12-1 / H12-7 - Liquid Manometers

A range of general purpose laboratory manometers using liquid displacement to measure differential pressure.

Description - Liquid Manometers (H12-1 / H12-7)

A range of manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6m H2O. Scales are graduated in 1mm divisions.

H12-1: 1 metre scale differential open water manometer

H12-2: 1 metre scale differential pressurised water manometer (the air space above the tubes can be pressurised with the pump supplied)

H12-3: 1 metre scale differential water over Mercury manometer - Range 12.6m H2O

H12-4: 500mm scale differential water over Mercury manometer - Range 6.3m H2O

H12-5: 500mm scale differential kerosene over water manometer - Range 0.213m H2O

Accessories

H12-6: Free-standing column with height adjustment to take two manometers.

H12-7: Self-sealing and self-bleeding pressure tapping system which allows a pair of pressurised water or mercury manometers to be connected into and disconnected from a number of points around a pumped system.

The equipment consists of ten self-sealing pressure tapping points with 1/4" BSP male threads for fitting into the system and four self-bleeding pressure tapping lines for connection to two differential manometers. Tapping line bleeding is obtained with four in-line vented shut-off valves conveniently mounted on a fixing bracket. The system is supplied complete with a quantity of translucent plastic tubing.

Demonstration Capabilities

- Low cost and easy to use instruments
- Wide range of pressures accommodated using different manometer fluids

Ordering Specification

See description:

NOTE: Due to its hazardous nature and severe shipping restrictions, Mercury is not included in Armfield's scope of supply.

Overall dimensions

See description:

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-1 / H12-7	0.1 m^3	21.5kg



Ordering codes

- H12-1
- H12-2
- H12-3
- H12-4
- H12-5

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-8

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 2000 mBar (0 - 1500mmHg).

This unit is particularly suitable for use in applications where Mercury manometers have traditionally been used. The use of Mercury is not desirable in a laboratory environment due to its hazardous nature.

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 2 Bar differentially and the unit is capable of withstanding 6 Bar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Technical Details

Measuring range:	0 - 2000mBar (0 - 1500mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	1mBar (1mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Maximum overpressure:	6200 mBar (4650 mmHg)
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H12-8	0.005m³	1kg

Ordering Specification

▶	**H12-8**	Basic Portable Pressure Meter



H12-8

Ordering codes

▶ **H12-8**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-9

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 140 mBar(0 - 99.99mmHg).

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 140 mBar differentially and the unit is capable of withstanding 400 mBar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Ordering Specification

▶	**H12-9**	Basic Portable Pressure Meter



H12-9

Technical Details

Measuring range:	0 - 140mBar (0 - 99.99mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	0.1mBar (0.01mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Repeatability:	+/-0.1% of full scale
Maximum overpressure:	400 mBar
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-9	0.005m³	1kg

Ordering codes

▶ **H12-9**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Computer compatible manometer bank - H14/2

H14/2 - Computer Compatible Manometer Bank

The Armfield H14/2 is designed to replace banks of manometers when used in conjunction with a number of Armfield products. Sixteen simultaneous pressure measurements can be displayed on a user supplied computer and the information data logged.

Two modes of operation are available:

Mode 1: 16 general purpose channels (350mm H20), with a common reference, suitable for monitoring both wet and dry systems.

Mode 2: 14 general purpose channels as above, plus 2 differential high sensitivity channels (125mm H20 differential), for accurate measurement of low differential pressures (suitable for dry air only).

Description - H14/2

The pressure monitor points are located on the front panel of the unit, with adapters to allow flexible plastic tubing to be attached. Two different sizes of tubing can be used (2mm and 3mm inside diameter). This tubing connects to the test points on the equipment being monitored.

The manometer system connects to the customer supplied computer using a USB interface. The measured pressures are displayed on the computer screen in both numeric and bar chart format.

Sophisticated software is provided with facilities to:

- Display the data from the 16 channels in real time
- Record data either on operator request, or at constant sampling periods
- Define the data sampling periods to be used
- Record data onto the computer for later retrieval, including the option to record the data in Excel format
- Display tables and graphs of the captured data, with real time updates
- Calibrate and scale the individual measurement channels
- Zero the data channels before taking measurements

Ordering Specification

- Electronic multiple channel pressure measurement system designed to replace liquid manometer banks
- 16 simultaneous measurements displayed on a PC (not supplied)
- Sophisticated software included, for logging, recording and displaying data
- 16 channels of 350mm H20 capacity, or 14 channels of 350mm plus 2 channels of 125mm H20 differential

Technical Details

General purpose channels:	
Range:	0 to 350mm H_20
Repeatability:	0.5mm H_20
Absolute accuracy:	0.5% FSD
Media:	Wet or Dry, non corrosive
High sensitivity channels:	
Range:	0 to 125mm H_20 differential
Repeatability:	0.1mm H_20
Media:	Dry air only

Essential Equipment

Personal computer, with USB interface, running Windows 8 and later.

Requirements

AC mains: Universal input, 100-250V ac, 50-60Hz

Associated Armfield Products

C2: Subsonic Wind Tunnel
F6: Air Flow Studies

H14/2



Overall dimensions

Length	250mm
Width	260mm
Height	113mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H14/2:	0.015m^3	15kg

Ordering codes

- **H14/2**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Pitot Tube - H30

H30-1H / H30-3H - Pitot Tubes

A range of Pitot tubes for the measurement of water velocity in open channels and closed ducts.

Description

Tubes are in stainless steel and mounted on a supporting body with scale. They are supplied with a watertight gland for installation below water level.

In order to measure velocity, the Pitot tubes must be connected to a manometer, such as the Armfield H12-8 or H12-9.

When used with the H12-9, the range is 0 - 5.2m/s. When used with the H12-8 the range is 0 - 19.8m/s

Ordering Specification

- **H30-1H:**
  - 150mm Pitot tube
  - 150mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-2H:**
  - 300mm Pitot tube
  - 300mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-3H:**
  - 450mm Pitot tube
  - 450mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand
H12-8: Portable pressure meters
H12-9: Portable pressure meters





Overall dimensions

See Order Specifications

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H30-1H / H30-2H / H30-3H	0.1m³	5kg

Ordering codes

▶ **H30-1H** ▶ **H30-2H** ▶ **H30-3H**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Propeller Velocity Flowmeter - H33 / H33-10

H33 - Propeller Velocity Flowmeter

Used to measure very low point-velocities in water and other conductive fluids, this flowmeter uses the impedance of a rotating multi-bladed propeller to indicate rotational speed caused by the flowing fluid.

Description - H33

The fine diameter of the sensing head enables the meter to be used in small ducts and channels with an ability to measure fluid velocity as low as 25 mm/sec.

A probe and digital indicator are required in combination to perform measurements but the digital indicator is supplied separately from the probes to allow an appropriate probe to be selected to suit specific applications.

Miniature Propeller Probes (H33-1/H33-2/H33-3)

Each probe consists of a sensing head that is mounted at the end of a slim stainless steel stem. A co-axial connector at the top of the stem allows the probe to be connected to the H33-10 Digital Indicator.

The sensing head consists of a 5-bladed propeller that runs in jewelled bearings. The propeller is able to rotate freely within a protective shrouded cage. An insulated gold electrode terminates 0.1mm from the tip of the rotating blades and detects the change in electrical impedance as each blade passes. As there is no physical contact between the electrode and blade, the propeller can rotate freely and respond to low velocity of the surrounding fluid.

Technical Details H33

Rotor:	11.6 mm diameter, machined plastic (balanced)
Spindle:	Hardened stainless steel with conical ends
Bearings:	Synthetic sapphire vee jewels
Cage:	Nickel plated bronze
Stem:	Stainless steel
Electrical connector:	Co-axial
Weight:	0.20kg
Immersion length:	420mm maximum

Capabilities

- Measurement of velocity in clean conductive fluid within the range 25 to 1500mm/sec (up to 3000mm/sec with the high speed probe)
- Operation in confined spaces with limited intrusive effects
- Suitable for both laboratory and field applications - battery powered (rechargeable) and fully portable
- Measurements are indicated on the digital display and may be connected to a data logger for later analysis

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand with mountings

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H33/1/2/3:	0.1m^3	2kg
H33-10:	0.1m^3	5kg

H33-10 - Digital Indicator

The digital indicator has been developed for use with the miniature propeller probes H33-1/2/3 where laboratory or field measurement of water velocity is required.

Description - H33-10

The digital indicator may be battery powered or mains powered using the standard power adaptor supplied. The power adaptor is intended for world-wide use and has four interchangeable plugs to suit all regions. The unit can operate on 110 Volts or 230 Volts at 50Hz or 60Hz.

When connected to an appropriate probe, the unit will indicate frequency of the pulses from the propeller that can be converted to water velocity using the calibration chart supplied with the probe. The unit can be programmed to read water velocity directly in units of cm/sec by entering a calibration constant for the probe in use (obtained from the chart supplied with each probe). Alternatively the unit can be programmed to count the pulses continuously, allowing averaging of the velocity measurement over a longer (user defined) period.

A 0-5 V DC output allows the unit to be connected to a suitable data logger to provide a permanent record of the variations in water velocity with time. A co-axial lead, 3 metres long, is supplied with the digital indicator for connecting it to any of the miniature propeller probes described above.

Technical Details H33-10

Power:	Four AA rechargeable batteries (supplied)
Battery life:	Typically 300 hrs on full charge
Display:	3-digit liquid crystal
Controls:	On/off switch, sample time switches for 1 & 10 seconds
Input:	Miniature socket for co-axial cable from probe
Output	0-5V DC
Case size:	190 x 136 x 55mm overall Moulded ABS plastic
Weight:	0.55kg with batteries fitted



H33-10 Flow meter shown with probe

Ordering codes

▶ **H33** ▶ **H33-1** ▶ **H33-2** ▶ **H33-3** ▶ **H33-10**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Wave Probe System - H40-MKII

H40-MKII - Wave Probe System

The H40-MKII is suitable for use in:

2D flume: For this configuration, the wave probes are supplied with a mounting block allowing the calibration stem, that is fixed to the wave probe head, to be attached to any vertical surface.

3D wave basin: For basins, The H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod is used for mounting the 600 to 1200 mm wave probes. For shallow water up to 1m depth, a smaller stand to fit 300 mm wave probes is available.

Description - H40-MKII

The H40-MKII Wave Probe Case contains the signal conditioning circuitry for up to eight wave probes and a network connection to allow a computer to configure the probes. If more than eight probes are required to be used at the same time in the physical model then multiple cases can be linked together, so that only one computer is required for configuration.

The input connections for the wave probes are provided using 4mm sockets on one face of the case. The opposite face has connections to allow the device to be directly connected to a computer via an Ethernet cable and to an existing data acquisition system using analogue signal outputs. The unit is powered from an external 24Vdc laptop-style power supply.

The wave probe case is set up using a built-in web page which is accessed from the PC using the network connection. Whilst testing is underway the data acquired by the instrument is also transmitted over the network connection for collection by appropriate software(not supplied by Armfield).

The wave probe operates by measuring the current that flows between two stainless steel wires that are immersed in water. This current is converted to an output voltage that is directly proportional to the immersed depth. Each wave probe case contains the energising and sensing circuits for the operation of eight wave probes and provides an output voltage (0-5V) for all eight channels on a 16-way output connector. In order to avoid polarisation effects at the probe, a high frequency square wave is used to energise the probe.

Adjacent probes are set to different frequencies to allow probes to be used close together without causing any interference. Each wave probe channel contains circuitry designed to compensate for the resistance of the cable that connects the probe to the wave probe unit. Without this compensation, the output of the wave probe monitor would be non-linear.

The probe output voltage is converted to a digital reading using an analogue to digital converter and the readings are batched and transmitted over the network in packets of data at a rate of 100 samples per second. The configuration process allows the user to set the output level for a given initial probe immersion. This enables the user to scale the output, from zero (no water over probe) to maximum output for a desired full scale immersion.

The wave probes comprise two parallel stainless steel rods with a plastic head and foot. The head is fixed to the calibration stem and a mounting block is supplied that allows the calibration stem to be fixed to any vertical surface.

Overall dimensions

Length 250mm / **Width** 100mm / **Height** 40mm

Packed and crated shipping specifications		
H40-MKII	0.1m^3	3kg

Features / benefits

- Extremely linear output
- No hysterisis
- Reliable, proven design, easily calibrated
- Longer distances from the data acquisition PC can be achieved by linking two wave probe cases together
- Suppled with 8 channels as standard
- Data can be logged directly into a computer via the network link

Technical specification (Wave probe case)

Case configuration:	8 channels (wave probes)
Output signals:	EtherNET digital output comms cable network to data acquisition PC 0-5 V via 16-wayIDC connector
Excitation frequency:	3 kHz to 11 kHz
Filter band width:	-3 dB at 2 0Hz
Supply voltage:	220 or 110 V ±10% 40-60 Hz
Trigger function:	+5 V input signal trigger

Technical specification (Wave probe)

Active working range:	300, 600, 900, 1200mm
Probe diameter (300mm):	1.6mm
Probe diameter (600, 900,1200mm):	6.0mm
Probe cable length:	30m (Supplied)

Requirements

1Ph

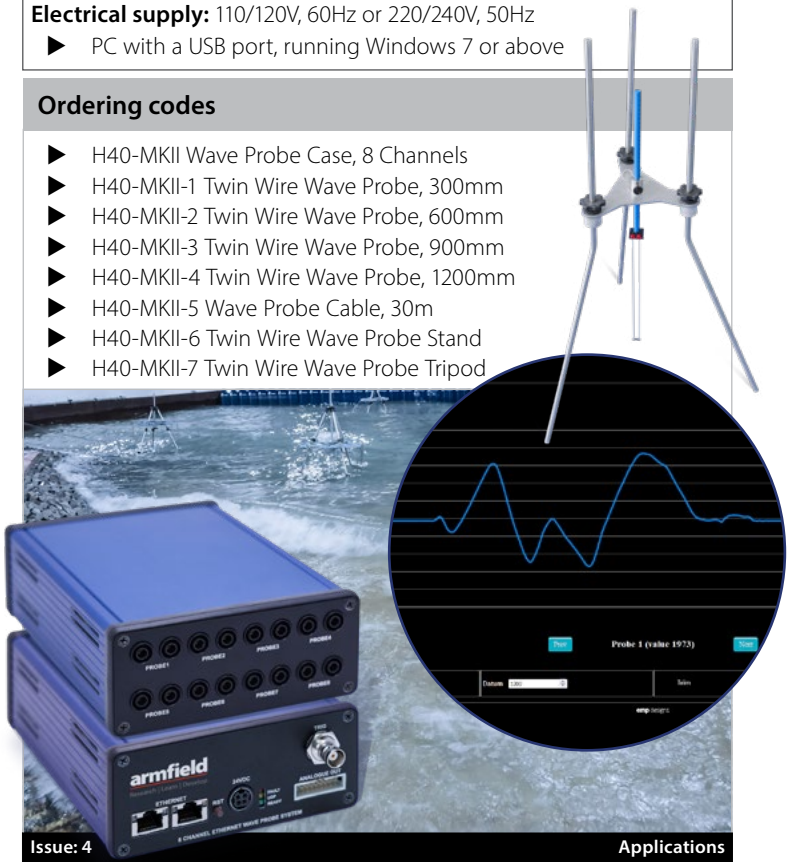
Electrical supply: 110/120V, 60Hz or 220/240V, 50Hz

- PC with a USB port, running Windows 7 or above

Scale

Ordering codes

- H40-MKII Wave Probe Case, 8 Channels
- H40-MKII-1 Twin Wire Wave Probe, 300mm
- H40-MKII-2 Twin Wire Wave Probe, 600mm
- H40-MKII-3 Twin Wire Wave Probe, 900mm
- H40-MKII-4 Twin Wire Wave Probe, 1200mm
- H40-MKII-5 Wave Probe Cable, 30m
- H40-MKII-6 Twin Wire Wave Probe Stand
- H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Laser PIV System - H41

Description

The H41 consists of two main assemblies: the nanoLase light sheet projector and the rtCam camera, with built-in timing synchroniser. The rtCam interfaces to the rtControl software package, which runs on a standard PC under Windows XP (not supplied by Armfield).

The nanoLase consists of a low-power solid-state laser, together with optics to form the beam into a ~3mm thick, 45° wide light sheet. The laser is modulated to produce pairs of pulses, with an adjustable delay (known as Δt) of between 100µs and 5s. Both the pulse separation and pulse width can be set directly from the rtControl software.

The nanoLase and rtCam are arranged orthogonally around the flow to be measured, with the laser being used to illuminate flow-following 'seeding' particles that have been mixed into the water. The system is supplied with 100g of 100µm polyamide particles, which are suitable for the majority of water-based flows. These particles scatter light toward the rtCam, which acquires a pair of images every time the laser emits a pulse pair.

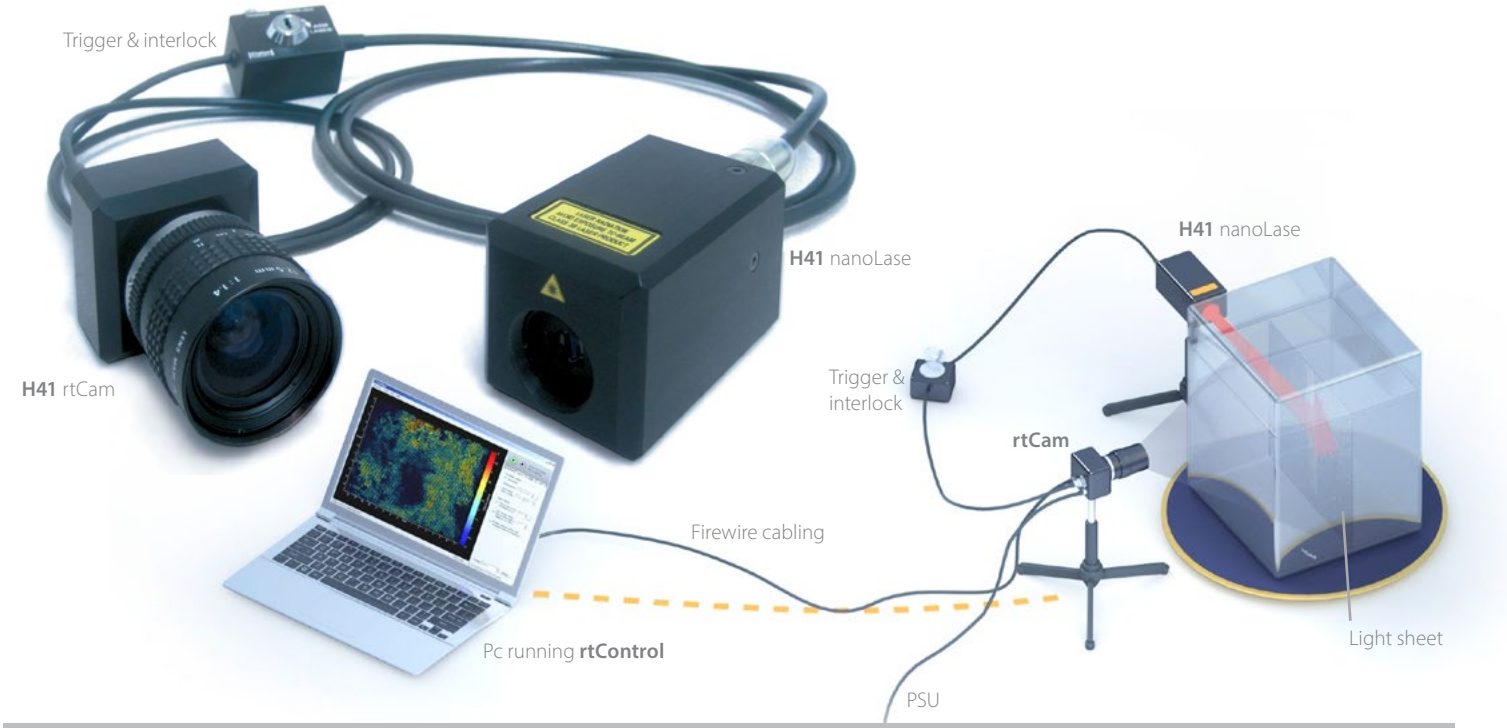
Each pair of particle images are immediately sent to the control PC using a standard FireWire (IEEE 1394) connection. The rtControl software then subdivides the images into 'tiles', which are cross-correlated in order to measure the displacement of the seeding particles in that area.

Because the delay between the images is known, a velocity map can be calculated for the whole of the camera's field of view. While most PIV systems take several minutes to get to this point, rtCam and rtControl can repeat the entire process up to 16 times a second.

In addition to the real-time velocity vector maps, rtControl can calculate and display derived statistical data (such as vorticity or time-averaged velocity) with options to superimpose vectors, scalars, and video on top of each other. Similarly, there are options to record data as either raw images (in BMP format), or as processed vectors or scalars (in AVI movie, CSV spreadsheet, or Matlab® archive format). Previously recorded data sets can be loaded into rtControl for subsequent display and analysis.

Both the rtCam and the nanoLase are fitted with standard mountings suitable for a selection of different mounting mechanisms. The system is supplied with one small desktop tripod; larger tripods and various snake-arm mounts are available as accessories. Also available are purpose-designed mounts designed for use with Armfield flow channels.

The system is provided complete with all cables and packed into an aluminium flight case for safe storage and easy transport.



Features

- The H41 uses particle image velocimetry (PIV) to measure, non-intrusively, fluid velocities at multiple points in a flow, at a rate of up to 16Hz.
- The compact and portable hardware (which uses a safe, non-pulsed Class 3b laser) and extremely easy-to-use software with real-time display, make this an ideal tool for undergraduate teaching and demonstration.
- With its sophisticated multipass processing, the H41 matches the performance of higher power PIV systems costing several times more. It is therefore also an ideal, cost-effective tool for experimental fluid dynamics research.
- The intuitive software provides a wide range of processing, display and recording functions for both velocity and derived statistical data, using a standard PC.

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

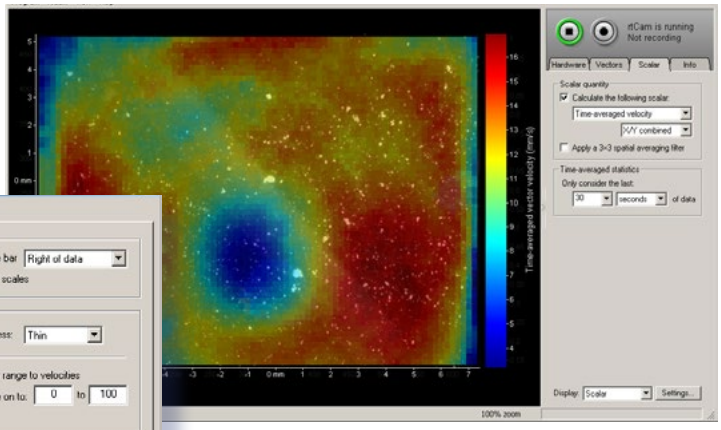
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Technical specifications

Lasers:	▶ Solid-state air-cooled 200mW, 660nm laser diode (Class 3b) ▶ Standard optics produce a ca 3mm thick, 45° light sheet (ca 200mm wide at 250mm) ▶ Interchangeable 20° light sheet optic available (H41-3) ▶ Pulse separation (Δt) of between 100µs and 5s (in steps of 10µs) ▶ Pulse width of between 10µs and 32ms (in steps of 10µs)
Camera:	▶ Super-sensitive VGA CMOS sensor: - 640x480, 6.0µm pixels (1/3" format); - ~50% quantum efficiency at 660nm; - 75-110dB dynamic range; - 4.8 V/lux-sec sensitivity ▶ Trigger input enables image pair acquisition to be synchronised with external events ▶ Accepts standard CS or C-mount lenses (12.5mm f/1.4 lens supplied) ▶ Camera exposure can be linked to the laser's pulsing, thereby enabling operation in a lit room

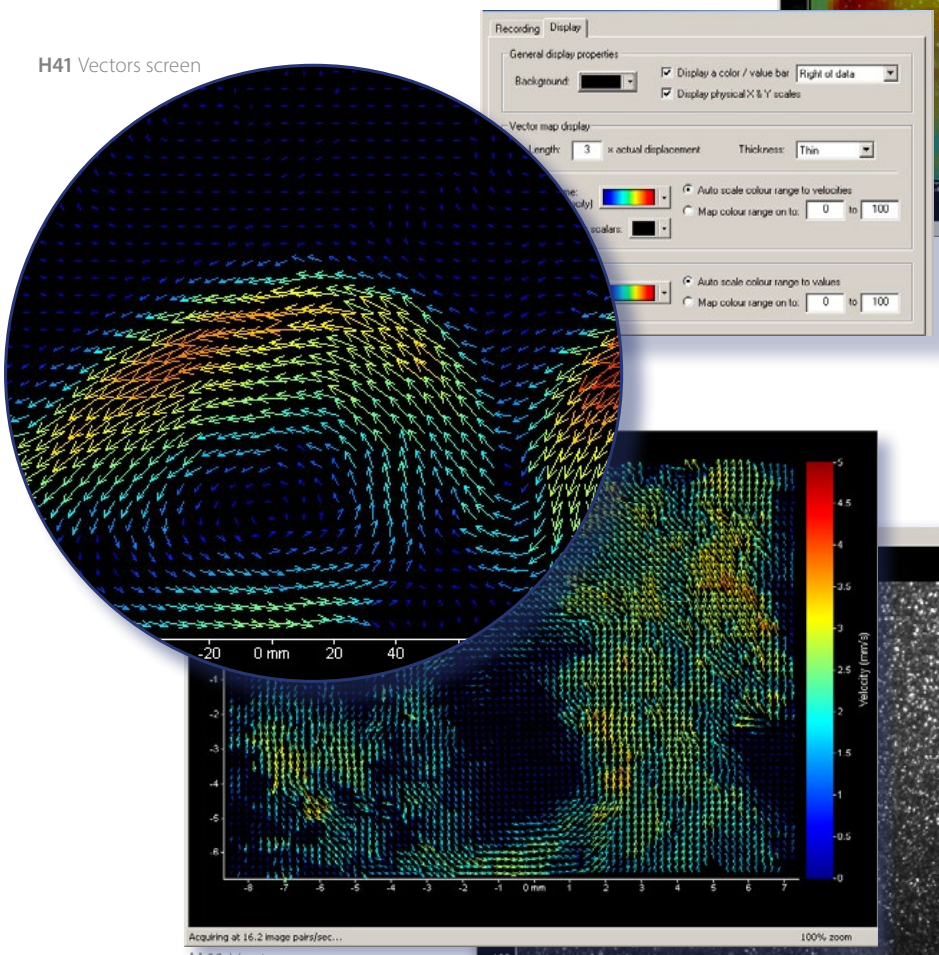
Software processing

- ▶ Data refresh and recording rate up to 16Hz (dependent on the computer speed, the selected acquisition and PIV analysis parameters and the recording taking place)
- ▶ Real-time, or offline, two-component vector calculation
- ▶ Single-pass or adaptive multipass cross-correlation with 8, 12, 16, 24, 32 or 64 pixel window sizes
- ▶ 0% or 50% window overlap (ie maps of up to 19,000 vectors)
- ▶ Optional vector interpolation and filtering based on:
  - User-supplied velocity limits
  - RMS of neighbouring vectors' values
- ▶ Calculation of the following derived scalars:
  - Vector angle and magnitude
  - Vorticity and swirl
  - Time-averaged mean velocity
  - RMS and turbulence intensity
- ▶ Where applicable, vector component and statistical sample number are user-defined

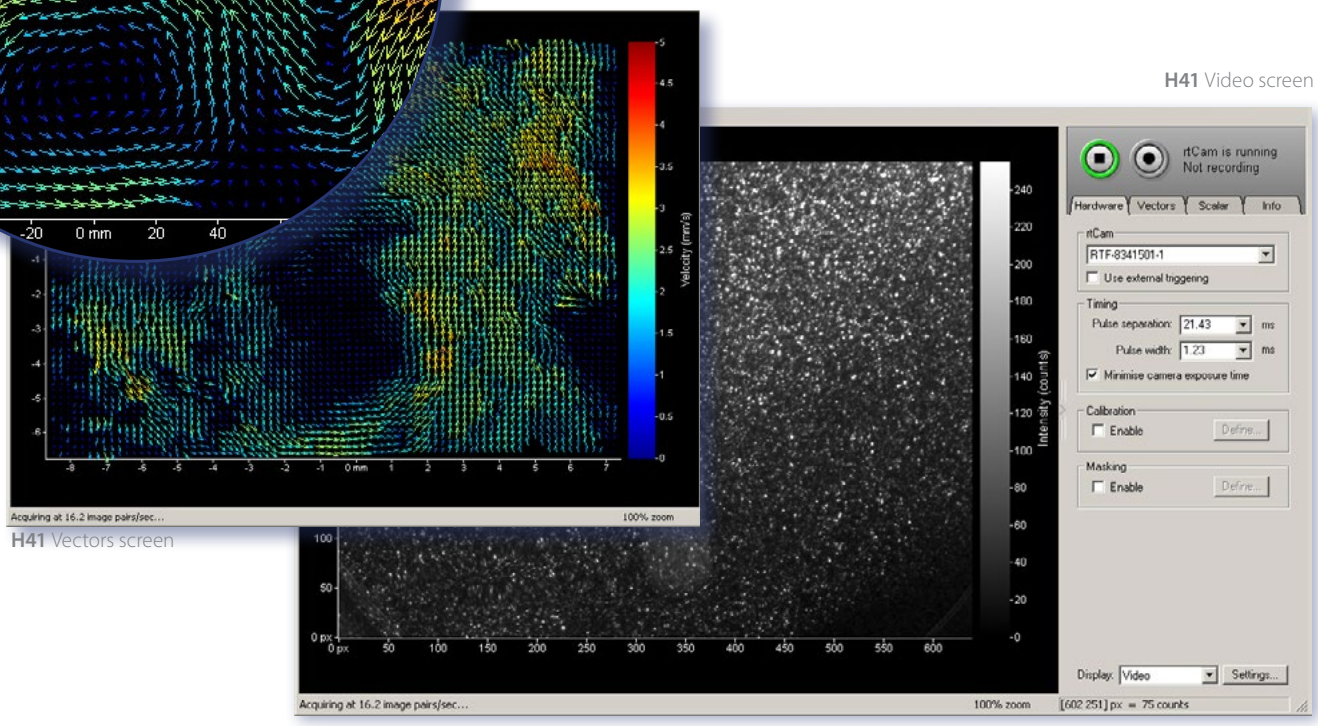


H41 Scalar screen

H41 Vectors screen



H41 Video screen



H41 Vectors screen

Options

- A range of further options are available to suit specific user applications, including:
- Waterproof enclosure for the rtCam, to enable complete submersion in water, eg for use with a large towing tank
- Flashlamps can be supplied in place of the nanoLase, for surface velocimetry measurements
- Higher power versions of the nanoLase are available for measuring larger areas or faster flows
- The rtCam can be supplied with macro or telephoto lenses
- A light-sheet thickness adjuster is available for micro-PIV measurements

Please contact Armfield for further details of these options.

Requirements



Scale



- Electrical supply:
  H41-1-A, H41-2-A: 220-240V/1ph/50Hz
- Voltage Variants:
  H41-1, H41-2: 90-264V, 47-63Hz
- A PC running Windows 98 or above, with a FireWire port. Laptop FireWire ports require a suitable four to six-pin cable.
- It is recommended the PC has at least 2GB RAM with a processing speed of at least 2GHz. The display resolution should be at least 1024x768, true colour.
- The data refresh rate achievable is dependent on the specification of this computer. For example, to achieve 16Hz data refresh and recording rate, a 2.66GHz Intel dual core processor or better is required, and the hard drive must support sustained writes at 9.5 Mb/s.

Overall dimensions

nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.085mm	
Submersible nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.095mm	
rtCam:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.09mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H41-1 / H41-2	0.1 m^3	5kg



Optional accessories

- **H41-3 20° Light sheet Optics for nanoLase**
  The standard 45° light sheet optics can be replaced with item H41-3 in order to produce a narrower 22° fan angle. This can be useful in cases where the nanoLase needs to be placed farther away from the measurement area.
- **H41-5 1.5m tripod for rtCam**
- **H41-6 Snake-arm with magnetic base for nanoLase**
- **H41-7 Snake-arm with G-Clamp base for nanoLase**
- **C4-12 Mounting system for Armfield**
- **C4-MkII flume** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)
- **S16-12 Mounting system for Armfield S16 Hydraulic Flow Demonstrator** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)

Consumables

- **H41-4** Seeding particles suitable for water flows (200g)

Ordering specification

- Particle Image Velocimetry (PIV) system, comprising a laser light sheet projector, a camera system and processing software
- 200mW (Class 3b) 660nm laser, with variable pulse width and pulse spacing
- 45° light sheet optics as standard with optional optics to produce a 20° sheet
- Real-time 2D display of flow velocity vectors updated at up to 16Hz
- Data can be recorded in video (avi), bitmap (bmp), text (csv) and Matlab (mat) formats
- Option of submersible light sheet projector

Ordering details

H41-1 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation

H41-2 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation with submersible nanoLase light sheet projector

Ordering codes

- **H41-1**
- **H41-2**

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

H SERIES

Product List - H1/H12/H30/H33/H40

The Armfield **H series** provides a complete range of hydraulics instruments for both teaching and research purposes.

The collection includes Vernier Hook and Point Gauges to measure the steady state water surface position. A selection of easy to use manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6 metres of water.

Pitot tubes designed for measuring the velocity of water in open channels or closed ducts. Propeller Velocity Meter used to measure very low point velocities in water and other conductive fluids. The range additionally introduces students into Particle image Velocimetry (PIV).

H series product list

Vernier hooks, point gauges & stands	
▶ Vernier hooks & point guages	H1-1/H1-2/H1-3
▶ Electronic hook, point gauges & stands	H1-7/H1-8/H1-1
Open water, pressurised, mercury & kerosene manometers	
▶ Open water manometers	H12-1
▶ Pressurised water manometers	H12-2
▶ Kerosene manometers	H12-5
▶ Electronic pressure meters	H12-8/H12-9
Pitot tubes	
▶ Pitot tubes	H30
Propeller velocity flowmeter	
▶ Propeller velocity flowmeter	H33
Wave probe systems & Laser PIV system	
▶ Wave probe systems	H40



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Vernier Hook & Point Gauges - H1

H1-1/ H1-3 - Hook & Point Gauges

The measurement of steady state water surface position is frequently needed during hydraulic investigations.

This is done by using a small point or hook manually adjusted to touch the water surface, and a reading is taken of the vertical movement using a scale or vernier.

Description - Vernier Hook & Point Gauges (H1-1, H1-2, H1-3)

A mounting frame is clamped to a suitable support structure and a gauging rod is free to slide up and down over the water surface. A stainless steel hook or point is attached to the bottom end of the rod and is used to locate the water surface.

Gauging is carried out by means of a primary scale attached to the mounting frame and a vernier scale attached to the rod. The scales are in edge contact.

The rod is held in a screwed collar for fine adjustment and can be released for large, rapid changes of position. Zero can be reset by a locking screw positioned on the vernier scale.

Demonstration Capabilities

- Location of air-water surface boundaries with high resolution
- Measurement of slowly changing water levels in flumes and hydraulic models
- Measurement of mechanical deformation

Overall dimensions

H1-1 (150mm):	
Length	265mm
Width	75mm
Height	50mm
H1-2 (300mm):	
Length	415mm
Width	75mm
Height	50mm
H1-3 (450mm):	
Length	565mm
Width	75mm
Height	50mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-1 (150mm):	0.01 m^3	1.2kg
H1-2 (300mm):	0.01 m^3	1.5kg
H1-3 (450mm):	0.01 m^3	1.7kg

Ordering Specification

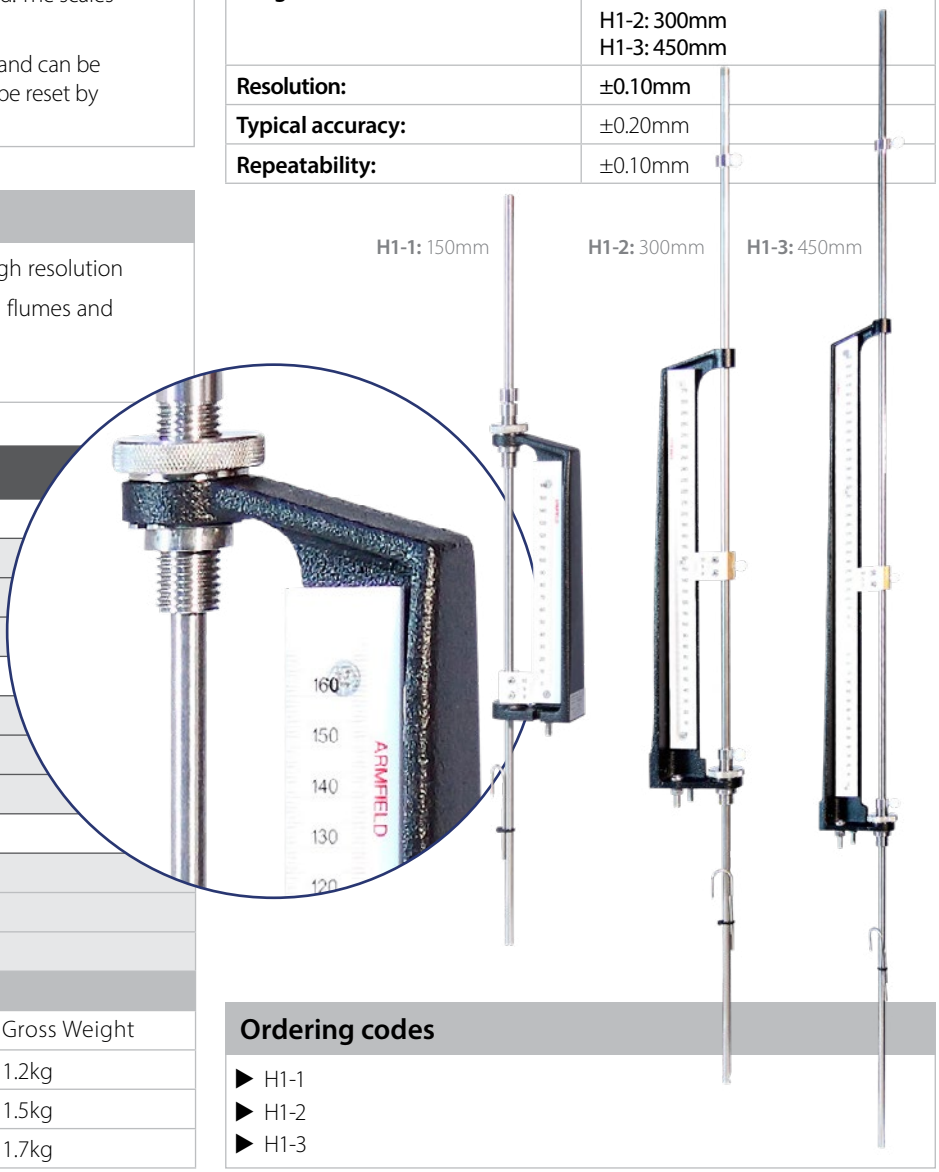
- A rugged low cost gauge for measurement of water surface position to ±0.20mm
- Mounting frame in enamelled cast aluminium
- Gauging rod and adjusting mechanism in bright plated brass
- Supplied complete with stainless steel hook and point

HT1 Accessories

- **H1-11:** Tripod stand

Technical specifications

Ranges:	H1-1: 150mm H1-2: 300mm H1-3: 450mm
Resolution:	±0.10mm
Typical accuracy:	±0.20mm
Repeatability:	±0.10mm



Ordering codes

- H1-1
- H1-2
- H1-3

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Digital Hook & Point Gauges - H1

H1-7/H1-8 - Digital Hook & Point Gauges

A range of digital hook and point gauges which includes a liquid crystal display which indicates the movement of the gauging rod.

A push button sets the display to zero at any position, allowing the measurement of movement relative to a datum.

Description - Digital Hook & Point Gauges (H1-7, H1-8)

A mounting plate is clamped to a suitable support structure and a flat vertical shaft retained by the gauging unit is free to slide up and down over the water surface.

A steel point or hook is attached to the bottom end of the shaft and is used to locate the water surface.

The gauging unit consists of a liquid crystal electronic display which indicates the movements of the shaft.

A quick-release mechanism permits large changes to be rapidly accommodated, and a screw adjustment is provided for accurate final positioning.

A push button sets the display to zero at any position, so that relative movements compared with a datum can be easily measured.

This gauge is easy to use and minimises potential errors resulting from reading vernier scales.

Ordering Specification

- A direct indicating gauge which eliminates observation errors due to vernier and scale reading.
- Can be set to zero anywhere in the operating range to permit easy relative level checking.
- The liquid crystal display is easy to read and has a resolution of ±0.01mm.
- A push button gives immediate change to inches from millimetres if required.
- A quick-release mechanism permits rapid changes of position.

Overall dimensions

H1-7 (300mm):		
Length	450mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
H1-8 (500mm):		
Length	650mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-7 (300mm):	0.01 m^3	2kg
H1-8 (500mm):	0.02 m^3	2.5kg

Demonstration Capabilities

- Measurement of steady state of water with digital display

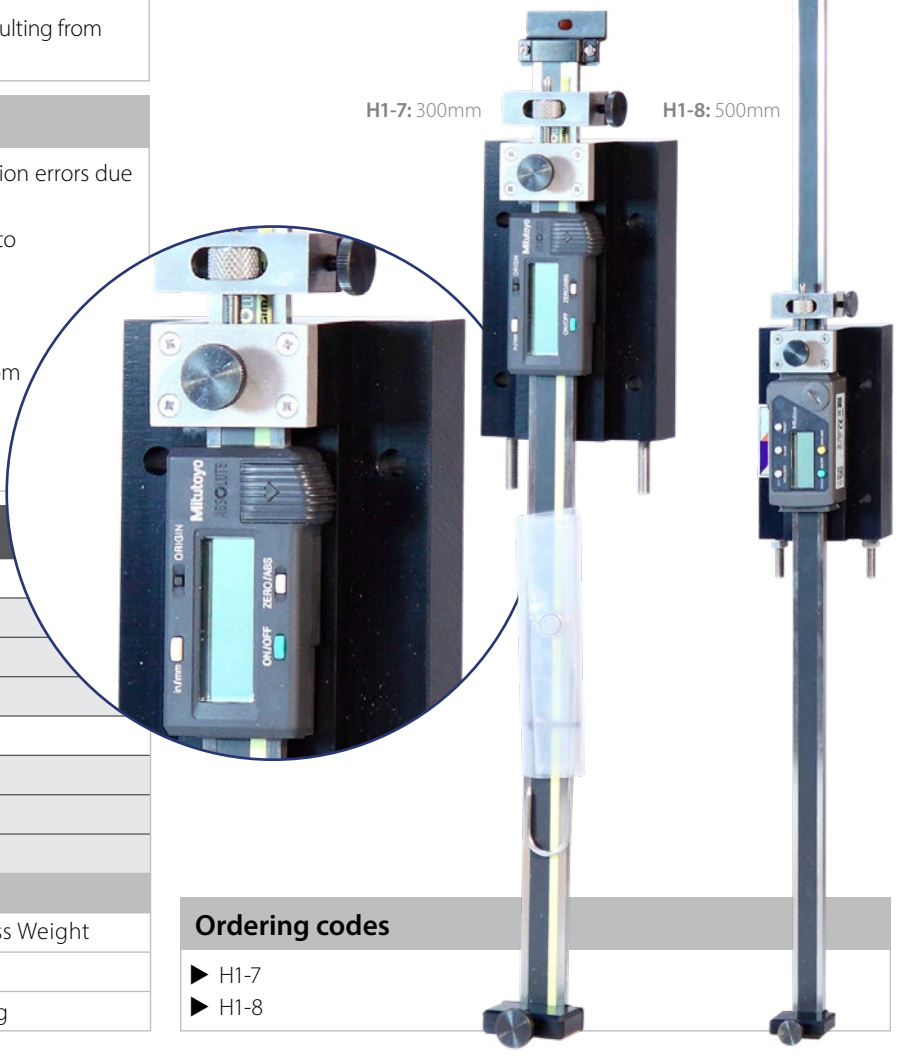
HT1 Accessories

- **H1-11:** Adjustable Tripod stand with mountings

Technical specifications

Ranges:	H1-7: 300mm H1-8: 500mm
Resolution:	±0.01mm
Typical accuracy:	±0.03mm
Repeatability:	±0.01mm
Operating temperature range:	5ºC to 40ºC

The gauge is powered continuously by a small cell battery with a life in excess of 6 months.
(No 'on/off' switch improves reliability)



Ordering codes

- H1-7
- H1-8

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Tripod Stands - H1-11

HT1-11 - Tripod Stand

A mounting tripod constructed from aluminium alloy is supported on three stainless steel rods secured by thumbscrews.

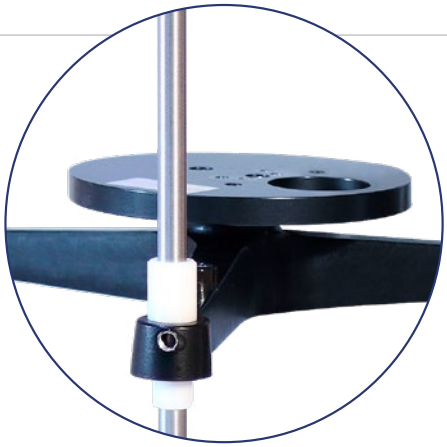
The rods are adjustable allowing the stand to be made level.

Description - Tripod Stand (H1-11)

This stand is suitable for use with vernier type Hook & Point gauges (H1-1, H1-2, H1-3) and the Pitot Tubes (H30). It is essential for the convenient use of the gauges in physical models. Also includes mountings and a clamp plate to make it suitable for other instruments, i.e. the Digital Hook and Point gauges (H1-7, H1-8), the micropropeller used on H32 and Propeller Velocity Flowmeter (H33).

Levelling is assisted by use of a 'Bullseye' spirit level mounted on the top plate.

A carrier plate mounted on the tripod supports the gauge. The whole assembly may be adjusted for height on the support rods.





Technical specifications

Product:	H1-11
Ranges:	500mm (normal)
Diameter of base:	340mm
Overall height:	660mm (without gauge)

Overall dimensions

H1-11:		
Length	340mm	
Width	340mm	
Height	660mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-11:	0.15 m^3	6kg

Ordering codes

▶ H1-11 Adjustable tripod stand with mountings

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications: ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Liquid Manometers & Meters - H12

H12-1/H12-7 - Liquid Manometers

A range of general purpose laboratory manometers using liquid displacement to measure differential pressure.

Description - Liquid Manometers (H12-1/H12-7)

A range of manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6m H2O. Scales are graduated in 1mm divisions.

H12-1: 1 metre scale differential open water manometer

H12-2: 1 metre scale differential pressurised water manometer (the air space above the tubes can be pressurised with the pump supplied)

H12-5: 500mm scale differential kerosene over water manometer - Range 0.213m H2O

Accessories

H12-6: Free-standing column with height adjustment to take two manometers.

H12-7: Self-sealing and self-bleeding pressure tapping system which allows a pair of pressurised water or mercury manometers to be connected into and disconnected from a number of points around a pumped system.

The equipment consists of ten self-sealing pressure tapping points with 1/4" BSP male threads for fitting into the system and four self-bleeding pressure tapping lines for connection to two differential manometers. Tapping line bleeding is obtained with four in-line vented shut-off valves conveniently mounted on a fixing bracket. The system is supplied complete with a quantity of translucent plastic tubing.

Demonstration Capabilities

- Low cost and easy to use instruments
- Wide range of pressures accommodated using different manometer fluids

Ordering Specification

See description:

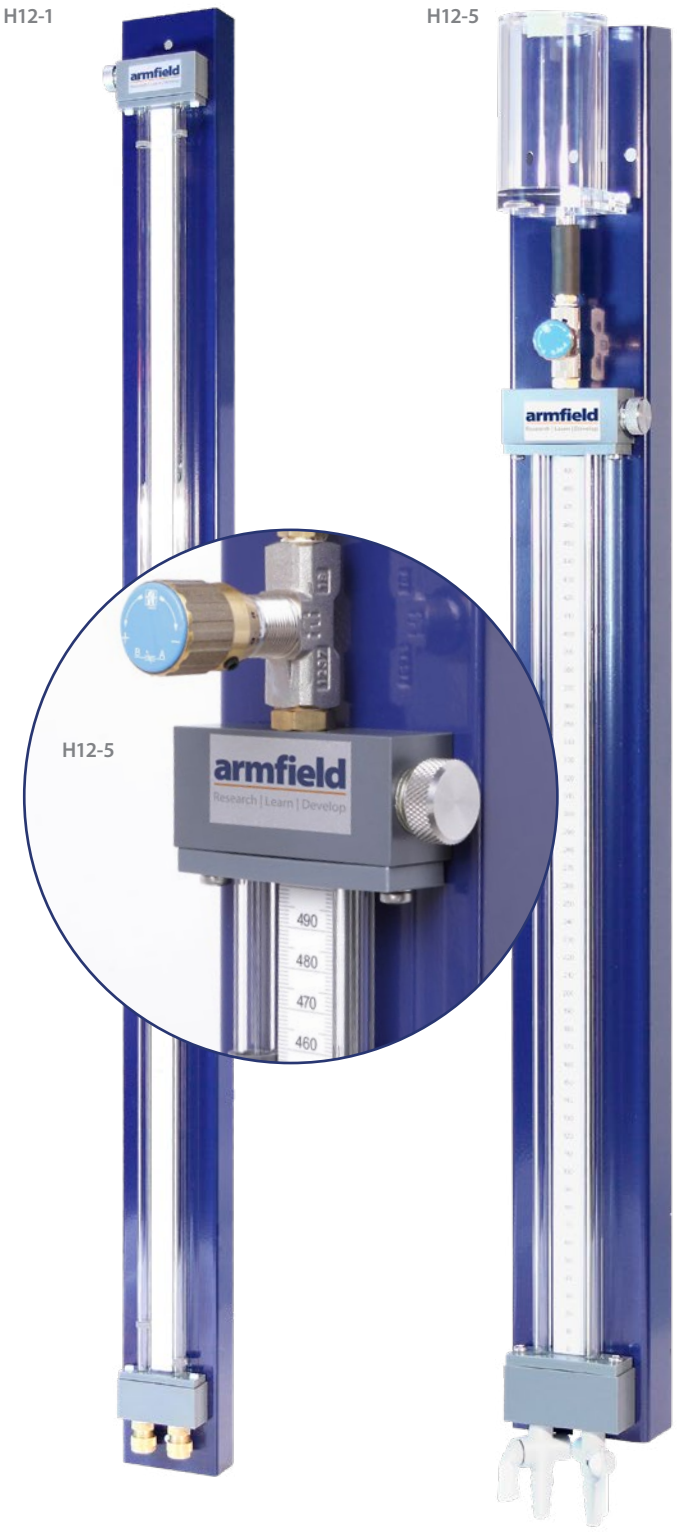
NOTE: Due to its hazardous nature and severe shipping restrictions, Mercury is not included in Armfield's scope of supply.

Overall dimensions

See description:

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-1/H12-7	0.1 m^3	21.5kg



Ordering codes

- H12-1
- H12-2
- H12-5

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-8

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 2000 mBar (0 - 1500mmHg).

This unit is particularly suitable for use in applications where Mercury manometers have traditionally been used. The use of Mercury is not desirable in a laboratory environment due to its hazardous nature.

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 2 Bar differentially and the unit is capable of withstanding 6 Bar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Technical Details

Measuring range:	0 - 2000mBar (0 - 1500mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	1mBar (1mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Maximum overpressure:	6200 mBar (4650 mmHg)
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H12-8	0.005m³	1kg

Ordering Specification

▶	**H12-8**	Basic Portable Pressure Meter



H12-8

Ordering codes

▶ **H12-8**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications
ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Portable Pressure Meter - H12-9

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 140 mBar(0 - 99.99mmHg).

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 140 mBar differentially and the unit is capable of withstanding 400 mBar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Ordering Specification

▶	**H12-9**	Basic Portable Pressure Meter



H12-9

Technical Details

Measuring range:	0 - 140mBar (0 - 99.99mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	0.1mBar (0.01mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Repeatability:	+/-0.1% of full scale
Maximum overpressure:	400 mBar
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-9	0.005m³	1kg

Ordering codes

▶ **H12-9**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Pitot Tube - H30

H30-1H/H30-3H - Pitot Tubes

A range of Pitot tubes for the measurement of water velocity in open channels and closed ducts.

Description

Tubes are in stainless steel and mounted on a supporting body with scale. They are supplied with a watertight gland for installation below water level.

In order to measure velocity, the Pitot tubes must be connected to a manometer, such as the Armfield H12-8 or H12-9.

When used with the H12-9, the range is 0 - 5.2m/s. When used with the H12-8 the range is 0 - 19.8m/s

Ordering Specification

- **H30-1H:**
  - 150mm Pitot tube
  - 150mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-2H:**
  - 300mm Pitot tube
  - 300mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-3H:**
  - 450mm Pitot tube
  - 450mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand
H12-8: Portable pressure meters
H12-9: Portable pressure meters





Overall dimensions

See Order Specifications

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H30-1H/H30-2H/H30-3H	0.1m³	5kg

Ordering codes

▶ **H30-1H** ▶ **H30-2H** ▶ **H30-3H**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Propeller Velocity Flowmeter - H33/H33-10

THE H33/H33-10 IS USED TO MEASURE, INDICATE AND RECORD VERY LOW VELOCITIES OF WATER AND OTHER CONDUCTIVE FLUIDS.

H33 - Propeller Probes

The sensor probe has a small impeller at one end, and a BNC connector at the other, joined via a slim, stainless steel tube. The use of two probes allows the range of detectable velocities to be extended up to 300 cm/sec. The indicator is supplied, as standard, with a set of rechargeable batteries. It can also be mains powered via the supplied universal charger.

Description - H33

The measuring head comprises of a 5 bladed PVC rotor mounted on a hardened, stainless steel spindle terminated into burnished conical pivots, resulting in minimal frictional resistance. This is all assembled and enclosed in a brass shrouded frame. An insulated gold wire contained within the tube terminates 0.1 mm from the rotor blade tips. When the rotor is revolved by the movement of a conductive liquid, the passage of the rotor blades past the gold wire tip slightly varies the measurable impedance between the tip and the tube. This variation is used to modulate a 15 kHz carrier signal, generated within the indicating instrument which in turn is applied to the electronic detector circuits. All components have been chosen carefully to give a long reliable life with minimal changes in calibration.

Automatic compensation is made for changes in liquid conductivity. Following amplification and filtering out of the carrier frequency, a square wave signal is obtained. In the digital indicator the pulses are counted over a known time period to obtain a digital reading.

Probes

- **H33-1:** Standard low speed velocity probe for the range 5.0 to 150 cm/sec
- **H33-2:** Standard high speed velocity probe for the range 60 to 300 cm/sec
- **H33-3:** 90 Degree angled probe to measure vertical velocities over the range 5.0 to 150 cm/sec

Technical Details H33

Rotor:	11.6 mm diameter, machined plastic (balanced)
Spindle:	Hardened stainless steel with conical ends
Bearings:	Synthetic sapphire vee jewels
Cage:	Heavy Chromium plated brass
Stem:	Stainless steel
Electrical connector:	Co-axial
Weight:	0.20kg
Immersion length:	420mm maximum

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand with mountings

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H33/1/2/3:	0.1m^3	2kg
H33-10:	0.1m^3	5kg

H33-10 - Digital Indicator

The digital indicator has been developed for use with the miniature propeller probes H33-1/2/3 where laboratory or field measurement of water velocity is required.

Description - H33-10

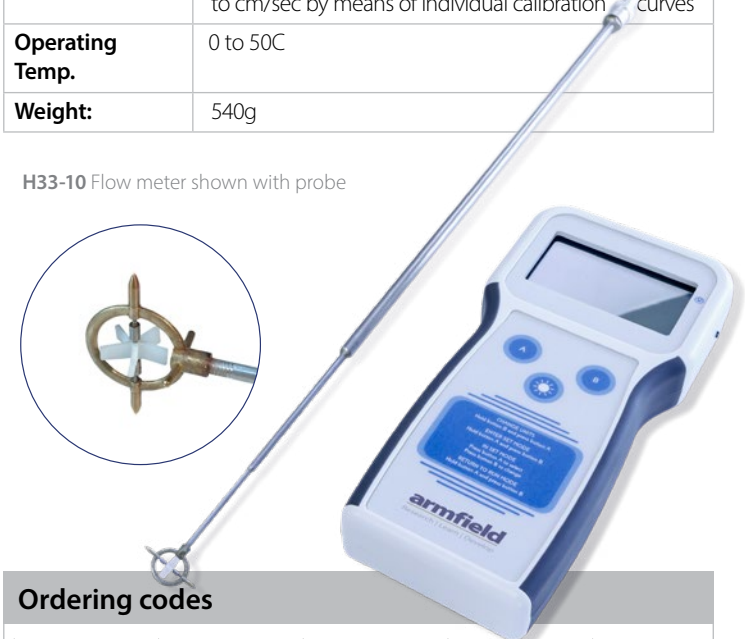
The H33-10 digital indicator provides all required functions in one compact unit. The power supply/charger is universal and incorporates a range of mains type fittings to enable the unit to be used virtually anywhere in the world at 110 or 230 V a.c. 50 or 60 Hz. The indicator is supplied with a full set of Nickel metal hydride batteries.

The indicator can read frequency over 1 second or 10 second, can be set to count frequency, or can be programmed to read velocity directly in cm/sec using data from the individual probes calibration certificate. A 0 to 5 V DC output is available for driving data loggers and chart recorders and this can be programmed to any frequency range.

Technical Details H33-10

Power:	Nickel metal hydride battery or mains power
Battery life:	Typically 300 hrs on full charge
Display:	Dot matrix LCD display
Controls:	On/off and A + B buttons
Input:	BNC
Output Socket	3.5 mm Aux Jack
Output	0.5 V DC - 100 MS update rate
Velocity Range	5 to 150 & 60 to 300 cm/sec using two sensing probes
Accuracy	± 1.5% of true velocity
Scaling	Digital indicators scaled in HZ or cm/sec, Conversion to cm/sec by means of individual calibration curves
Operating Temp.	0 to 50C
Weight:	540g

H33-10 Flow meter shown with probe



Ordering codes

▶ H33 ▶ H33-1 ▶ H33-2 ▶ H33-3 ▶ H33-10

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications: ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Wave Probe System - H40-MKII

H40-MKII - Wave Probe System

The H40-MKII is suitable for use in:

2D flume: For this configuration, the wave probes are supplied with a mounting block allowing the calibration stem, that is fixed to the wave probe head, to be attached to any vertical surface.

3D wave basin: For basins, The H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod is used for mounting the 600 to 1200 mm wave probes. For shallow water up to 1m depth, a smaller stand to fit 300 mm wave probes is available.

Description - H40-MKII

The H40-MKII Wave Probe Case contains the signal conditioning circuitry for up to eight wave probes and a network connection to allow a computer to configure the probes. If more than eight probes are required to be used at the same time in the physical model then multiple cases can be linked together, so that only one computer is required for configuration.

The input connections for the wave probes are provided using 4mm sockets on one face of the case. The opposite face has connections to allow the device to be directly connected to a computer via an Ethernet cable and to an existing data acquisition system using analogue signal outputs. The unit is powered from an external 24Vdc laptop-style power supply.

The wave probe case is set up using a built-in web page which is accessed from the PC using the network connection. Whilst testing is underway the data acquired by the instrument is also transmitted over the network connection for collection by appropriate software(not supplied by Armfield).

The wave probe operates by measuring the current that flows between two stainless steel wires that are immersed in water. This current is converted to an output voltage that is directly proportional to the immersed depth. Each wave probe case contains the energising and sensing circuits for the operation of eight wave probes and provides an output voltage (0-5V) for all eight channels on a 16-way output connector. In order to avoid polarisation effects at the probe, a high frequency square wave is used to energise the probe.

Adjacent probes are set to different frequencies to allow probes to be used close together without causing any interference. Each wave probe channel contains circuitry designed to compensate for the resistance of the cable that connects the probe to the wave probe unit. Without this compensation, the output of the wave probe monitor would be non-linear.

The probe output voltage is converted to a digital reading using an analogue to digital converter and the readings are batched and transmitted over the network in packets of data at a rate of 100 samples per second. The configuration process allows the user to set the output level for a given initial probe immersion. This enables the user to scale the output, from zero (no water over probe) to maximum output for a desired full scale immersion.

The wave probes comprise two parallel stainless steel rods with a plastic head and foot. The head is fixed to the calibration stem and a mounting block is supplied that allows the calibration stem to be fixed to any vertical surface.

Overall dimensions

Length 250mm/**Width** 100mm/**Height** 40mm

Packed and crated shipping specifications		
H40-MKII	0.1m^3	3kg

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Features/benefits

- Extremely linear output
- No hysterisis
- Reliable, proven design, easily calibrated
- Longer distances from the data acquisition PC can be achieved by linking two wave probe cases together
- Suppled with 8 channels as standard
- Data can be logged directly into a computer via the network link

Technical specification (Wave probe case)

Case configuration:	8 channels (wave probes)
Output signals:	EtherNET digital output comms cable network to data acquisition PC 0-5 V via 16-wayIDC connector
Excitation frequency:	3 kHz to 11 kHz
Filter band width:	-3 dB at 2 0Hz
Supply voltage:	220 or 110 V ±10% 40-60 Hz
Trigger function:	+5 V input signal trigger

Technical specification (Wave probe)

Active working range:	300, 600, 900, 1200mm
Probe diameter (300mm):	1.6mm
Probe diameter (600, 900,1200mm):	6.0mm
Probe cable length:	30m (Supplied)

Requirements Scale

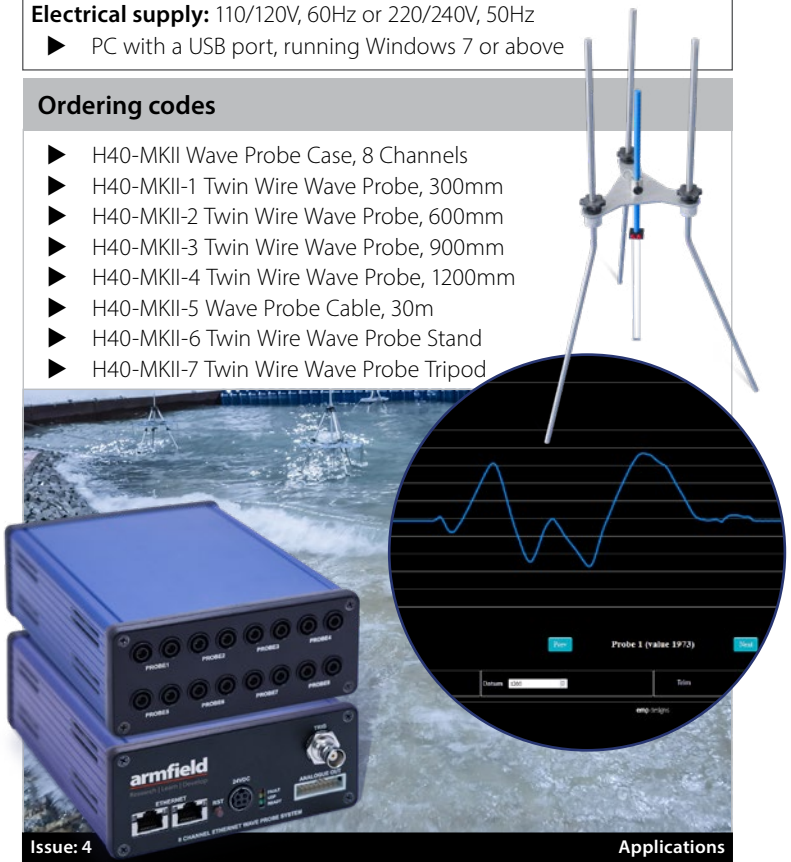
1Ph

Electrical supply: 110/120V, 60Hz or 220/240V, 50Hz

- PC with a USB port, running Windows 7 or above

Ordering codes

- H40-MKII Wave Probe Case, 8 Channels
- H40-MKII-1 Twin Wire Wave Probe, 300mm
- H40-MKII-2 Twin Wire Wave Probe, 600mm
- H40-MKII-3 Twin Wire Wave Probe, 900mm
- H40-MKII-4 Twin Wire Wave Probe, 1200mm
- H40-MKII-5 Wave Probe Cable, 30m
- H40-MKII-6 Twin Wire Wave Probe Stand
- H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod



We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

FS SERIES

Fluid Science – Fluidised Bed FS-4.1

The Fluid Science range is an innovative suite of products designed to enable students to gain an understanding of the fundamentals of Fluid Mechanics and Thermo Fluids by the process of learning via hands-on experimentation.

The high precision elements are supplied as modular tray-based system which operate in conjunction with the Fluid Science service unit, multifunctional work panel and instrumentation enabling the student to conduct their own individual or group experiments.

The experiments are supplied with a highly visual user-friendly operational guide, allowing the students to understand the theory of the subject by the application of practical experimentation.

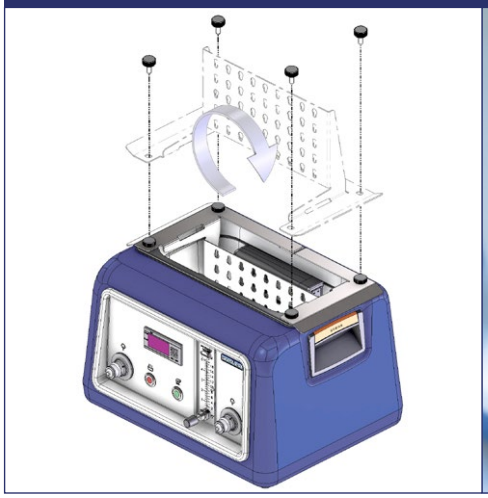
The FS-4.1 Fluidised Bed tray introduces students to the concepts of bed fluidisation commonly encountered both in nature and in industry. Natural occurrences include the movement of ground water, the movement of crude oil or the movement of natural gas through porous media. Industrial occurrences include operations such as back-washing filters, ion-exchange processes, extraction of soluble components from raw materials and certain types of chemical reactor.

COST EFFECTIVE MOBILE TEACHING SYSTEM DESIGNED TO INTRODUCE THE BASICS OF A FLUID BED



Fluidised Bed Tray **FS-4.1**

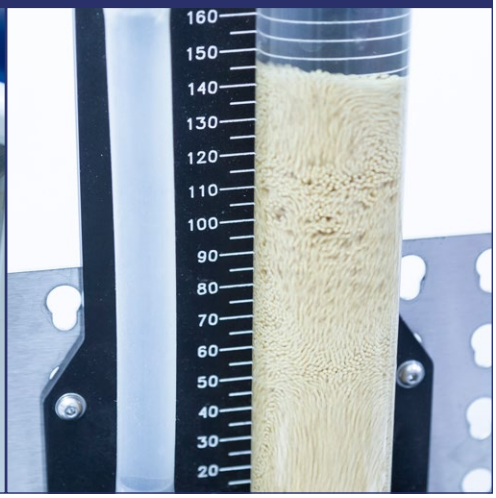
Back plate is easily stored inside the unit



Configurable as hot or cold water supply



Fluidised Bed



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 1
URL: http://www.armfield.co.uk/fs
Applications
ME ChE CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2023 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Description

The experiment contains small-diameter glass beads in a clear glass cylinder. The drop in pressure between the inlet and outlet of the cylinder is measured as the water flows through the bed.

Whilst visually allowing the students to observe the particle behaviour as the flow rate increases they can monitor the difference in pressure on flow rate to the point of fluidisation and beyond.

Requirements



Scale



Electrical supply:

- 100-240V/1 Phase, 50-60Hz
- Level surface
- FS experiment trays

Initial fill of 5ltrs water. Drain to empty water away once experiment is complete. During use, water supply or drainage are not required.

Technical specifications

- Tube height: 204mm
- Tube inside diameter: 30mm
- Average bead diameter:1.0mm
- Bed void fraction: 0.40



FS-2.2: Manometer - U tube



FS-2.1: Manometer - Inclined



FS-3.3: Cross flow



FS-3.1: Heat Exchanger - Shell and Tube



FS-3.4: Heat Exchanger - Plate



FS-3.2: Heat Exchanger - Tubular

Overall dimensions

Dimensions tray	
Length	0.430m
Width	0.312m
Height	0.080m
Dimensions set up (excluding power supply)	
Length	0.325m
Width	0.057m
Height	0.185m
Packed and crated shipping specifications	
Net weight	2.25Kg
Gross weight	TBC

Experimental content

- Describe packed and fluidised bed behaviour
- Describe the contributions to pressure drop in particle beds
- Describe how to model the pressure drop behaviour
- Calculate pressure drops in particle beds
- Understand the pressure drop and bed height in a fluidised bed
- Describe the forces that fluidise particles
- Kozeny-Carman equation

Features

- Fully mobile solution
- Each service unit can be used as either a hot or cold-water supply
- Quick connect couplings for easy connection to experiment modules, self-sealing on supply unit to minimise water loss
- Digital manometer and thermometer provided with service unit
- Low voltage within the supply unit to protect users

Benefits

- Applied student learning via experimentation
- Common service unit can be used for either hot or cold-water supply
- Toolless assembly
- Designed to be highly visual and simple to use
- Quick setup
- Suitable for both classroom, laboratory and mobile environments

Related products

Fluid Science Range

- FS-1.1 Flow Measurement
- FS-1.2 Energy Losses - Straight pipes
- FS-1.3 Energy Losses - Bends
- FS-2.1 Manometer - Inclined
- FS-2.2 Manometer - U tube
- FS-3.1 Heat Exchanger - Shell and tube
- FS-3.2 Heat Exchanger - Tubular
- FS-3.3 Heat Exchanger - Cross flow
- FS-3.4 Heat Exchanger - Plate

Essential Accessories / Equipment

FS-SU Fluid Science Service Unit



Ordering codes

FS-SU	FS-4.1

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE

Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

armfield

PCT SERIES

PCT SERIES: PROCESS CONTROL TECHNOLOGY

Essentials of Process Control – PCT60–64

The Modern Process Control system from Armfield, allows students to investigate the principles of industrial process control, using independent Temperature, Pressure, Flow, Level and Servo/ Pendulum systems.

An advanced digital controller/logger with USB, Wifi, Bluetooth and LAN communications is built into each set of equipment.

Three sets of Windows PC software are supplied free of charge: Basic control, On/Off control and PID control. Software includes all settings and functions and on-screen graphing of Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd terms in the Control Equation which is displayed dynamically. Data can be viewed on the internal graph or saved to a CSV file for later analysis.

PCT60 - Level Control / **PCT61** - Flow Control / **PCT62** - Temperature Control
PCT63 - Pressure Control / **PCT64** - Servo Pendulum

Link to PCT



Key Features of the Essentials of Process Control Range

- Understanding the drive/sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P, PI and PID control
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/LabVIEW
- Servo pendulum - angle control

Issue: 2
URL: http://www.armfield.co.uk/pct50

Applications: ChE ME IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

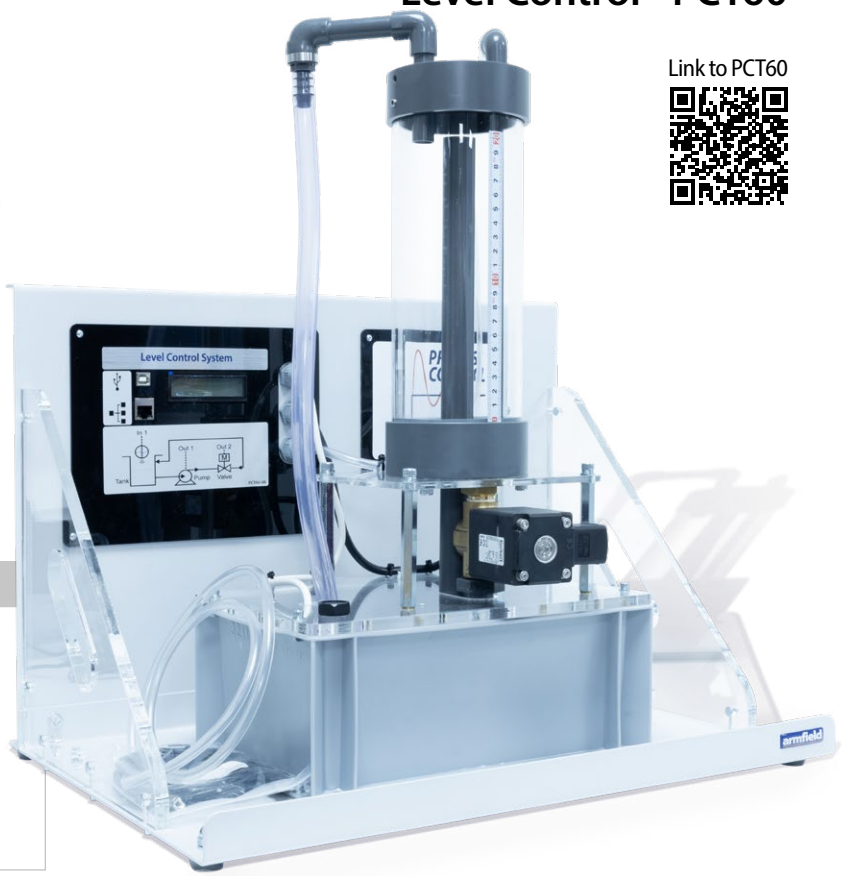
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

armfield.co.uk

PCT SERIES

Level Control - PCT60

Link to PCT60



Level control is a fundamental aspect of process control in various industries, including chemical, petrochemical, food and beverage, water treatment, and more. Understanding level control is essential for students pursuing careers in engineering, process automation, or any field related to these industries.

The Armfield PCT60 level control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The Level system consists of a reservoir water tank, a variable speed pump, a pressure-based level sensor, and a clear process vessel with a scale. A proportional valve provides the process vessel drain.

An overflow pipe in the process vessel prevents it from being overfilled and the system allows students to adjust the pump speed and valve opening.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth & LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd.
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/LabVIEW

Ordering specifications

PCT60 Level Control Process

A level control process trainer, comprising:

- 4mm x 1.5mm wall clear PVC tube (300mm)
- 24V PSU 60w 2.5a
- Level process control system assembly
- Barley pot for process control
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

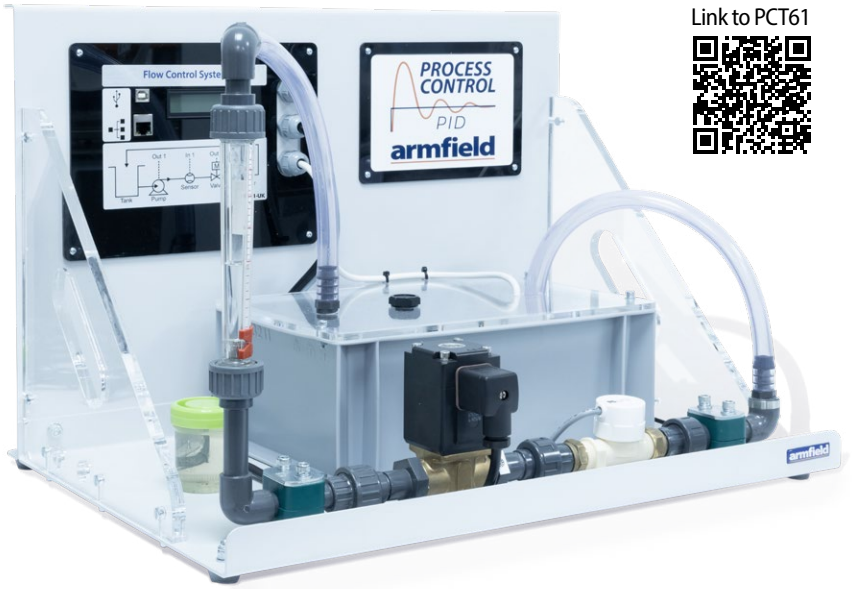
PCT60-UK: Level Process Control System
PCT60-EU: Level Process Control System
PCT60-USA: Level Process Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Flow Control - PCT61



Link to PCT61

Flow process control is a critical aspect of various industries, including chemical, petrochemical, manufacturing, and food production.

Students who understand flow control principles are better prepared for careers in these fields.

Proper flow control is essential for optimizing production processes. Students learn how to regulate the flow of materials or fluids in a way that minimizes waste, maximizes product quality, and improves overall process efficiency.

The PCT61 Flow control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The Flow system consists of a water tank, variable speed pump, a turbine type flow sensor, an electrically operated proportional valve and a variable area flow meter (rotameter).

This allows students to adjust the flow rate via the pump speed and the valve opening to develop a PID based control system.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control.
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB LabVIEW

Ordering specifications

PCT61 Flow Control Process

A flow control process trainer, comprising:

- 4mm x 1.5mm Wall clear PVC tube (300mm)
- 24V PSU 60w 2.5a
- Flow process control assembly
- Barley pot for process control
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On / Off Control software allowing control of each system with a simple on off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT62: Temperature Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

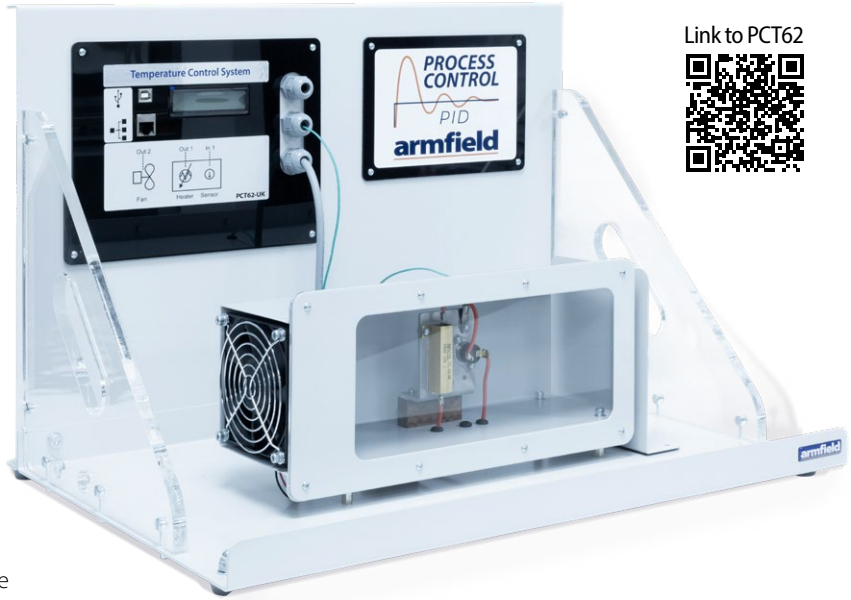
PCT61-UK: Flow Control System
PCT61-EU: Flow Control System
PCT61-USA: Flow Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Temperature Control - PCT62



Link to PCT62

Temperature control is a critical aspect of many industries, including chemical, pharmaceutical, food and beverage, manufacturing, and HVAC (heating, ventilation, and air conditioning). Understanding temperature control is crucial for students pursuing careers in these industries.

Proper temperature control can help industries reduce energy consumption and operating costs. Students learn how to optimize temperature control systems to minimize energy waste and environmental impact.

The Armfield PCT62 temperature control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The temperature process control system includes a heated plate within a duct and a thermocouple. A fan at one end of the duct blows ambient air over the block, to change the control conditions and provide a disturbance to the system.

The system allows users to adjust the heater power and the air flow rate to develop a PID based control system then adjust these parameters to achieve the required time/temperature change profilefor the system in response to step changes in system requirements.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT62 Temperature Control Process

A temperature control process trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Pressure process control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT62-UK: Temperature Control System
PCT62-EU: Temperature Control System
PCT62-USA: Temperature Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Pressure Process - PCT63

Link to PCT63



Teaching pressure process control to students equips them with the knowledge and skills necessary for success in industries where pressure regulation is critical.

It provides a strong foundation in engineering, automation, safety, and problem-solving, making students valuable assets in the workforce while contributing to the efficiency, safety, and quality of industrial processes.

Improper pressure levels can lead to equipment failure, leaks, or even explosions and emphasizes the importance of maintaining safe operating conditions.

The Armfield PCT63 system introduces students to fundamental control concepts, as in feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems. It consists of a variable-speed reciprocating air pump (compressor), the speed of which can be adjusted by the user, a pressure vessel, and an outflow system.

The outflow system allows the air to escape via either a manually operated needle valve - providing an ongoing outflow, or via a solenoid valve and second needle valve - providing a step change in the outflow.

The vessel pressure is measured by a Bourdon-type mechanical gauge along with a pressure sensor. Providing a visual indication of the pressure in the vessel and a means for the user to check and calibrate the controller input from the pressure sensor.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT63 Pressure Control Process

A Pressure control process trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Pressure process control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT62: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements



Scale



Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT63-UK: Pressure Process Control System
PCT63-EU: Pressure Process Control System
PCT63-USA: Pressure Process Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Servo Pendulum - PCT64

Link to PCT64

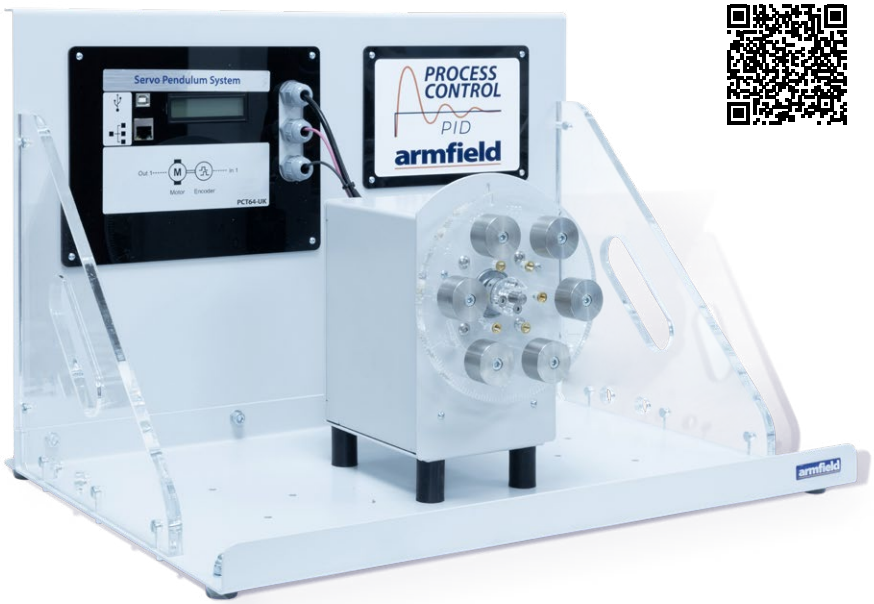
A servo pendulum is a specific type of control system used for applications like pendulum control and inverted pendulum control.

Learning about servo pendulum control systems allows students to see real-world applications of control theory. These systems are used in areas like robotics, aviation, and mechatronics, and understanding them can help students relate theory to practice.

The Armfield PCT64 servo pendulum control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The system consists of a powerful DC motor mounted on a rugged frame. A disc with captive nuts is attached to the DC motor and students are able to screw in 100-gram weights to different parts
of the disc to alter the characteristics of the system.

A single weight at 0 degrees forms an inverting pendulum.



Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT64 Servo Process Control System Process

A Servo Pendulum Process Control trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Servo Pendulum control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems.
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT62: Temperature Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT64-UK: Servo Pendulum Control System
PCT64-EU: Servo Pendulum Control System
PCT64-USA: Servo Pendulum Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

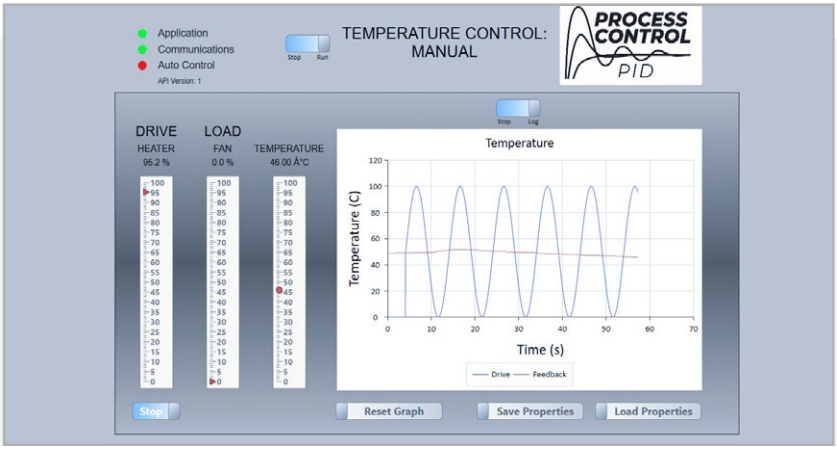
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

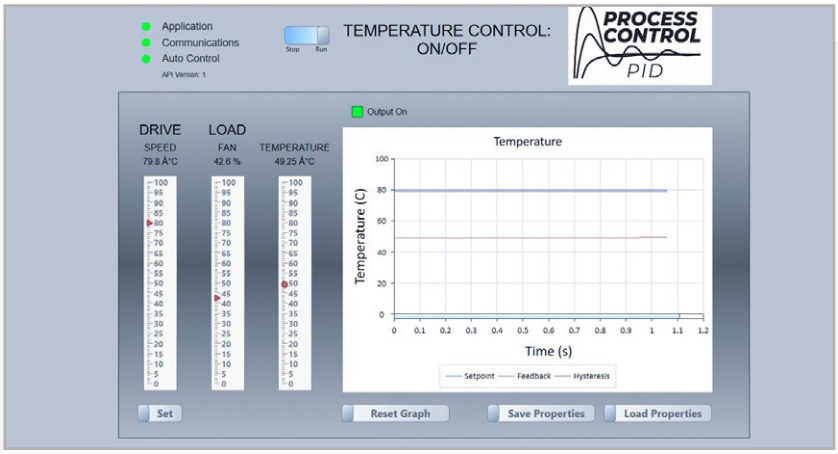
SOFTWARE AND INTERFACING FOR THE ESSENTIALS OF PROCESS CONTROL UNITS

Each process is supplied complete with software that allows it to be controlled using a Windows PC via a USB connection. There are currently 3 software applications available with the unit.

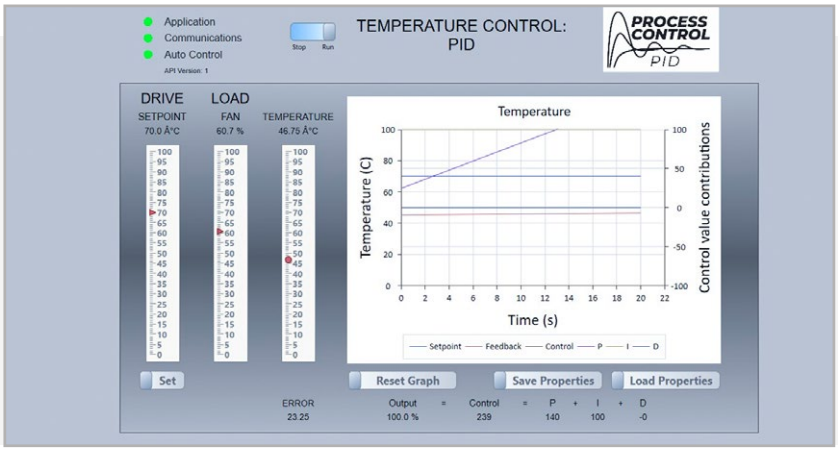
▶ Manual Control gives low level access to the Drive and Load in each system and allows students to calibrate the sensors and drive systems.



▶ On/Off Control allows students to explore controlling each system with a simple on off algorithm, to see the oscillations this produces and to explore the effects of hysteresis.



▶ PID Control allows students to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to those values.



The MATLAB software is supplied with the unit. The Control functionality is controlled via a USB COM port or Networked connection to the computer. We have provided a library of functions to allow the various aspects of the Control Hardware to be investigated and controlled.

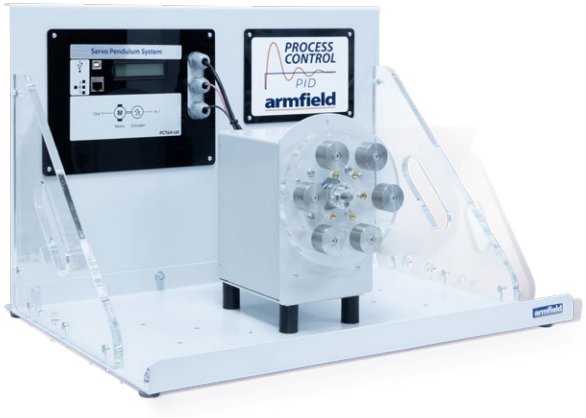
An Application Programming Interface is provided which makes the equipment compatible with MATLAB, Labview or other software.

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Our Commitment to you

Armfield recognises that it is not enough to just supply quality engineering equipment, but that it must also ensure a complete range of services both pre and post-sale:



- Supplied equipment meets global curriculum requirements
- Expert consultation in laboratory design and layout
- Professional installation and commissioning service
- Comprehensive training for all products in house or on site
- In house trials (industrial and research)
- Two year warranty on all products
- Dedicated aftersales service
- Detailed learning outcomes and experiments supplied with all equipment

armfield worldwide

REPRESENTATIVES IN MORE THAN 80 COUNTRIES

To locate a contact in your area visit:
www.armfield.co.uk/contact-armfield/

Head Office:

Armfield Limited
10 Headlands Business Park,
Ringwood, Hampshire
BH24 3PB England

Telephone: +44 (0)1425 478781
E-mail: sales@armfield.co.uk
Support: armfieldassist.com

U.S. Office:

Armfield Inc.
9 Trenton Lakewood Road
Clarksburg NJ 08510
USA

Tel/Fax: +1 (609) 208-2800
E-mail: info@armfieldinc.com
Support: armfieldassist.com

Knowledge base

> 28 years' expertise in research & development technology
> 50 years' providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company
CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

armfield

PCT SERIES

PCT SERIES: PROCESS CONTROL TECHNOLOGY

Essentials of Process Control – PCT60–64

The Modern Process Control system from Armfield, allows students to investigate the principles of industrial process control, using independent Temperature, Pressure, Flow, Level and Servo/ Pendulum systems.

An advanced digital controller/logger with USB, Wifi, Bluetooth and LAN communications is built into each set of equipment.

Three sets of Windows PC software are supplied free of charge: Basic control, On/Off control and PID control. Software includes all settings and functions and on-screen graphing of Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd terms in the Control Equation which is displayed dynamically. Data can be viewed on the internal graph or saved to a CSV file for later analysis.

PCT60 - Level Control / **PCT61** - Flow Control / **PCT62** - Temperature Control
PCT63 - Pressure Control / **PCT64** - Servo Pendulum

Link to PCT



Key Features of the Essentials of Process Control Range

- Understanding the drive/sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P, PI and PID control
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/LabVIEW
- Servo pendulum - angle control

Issue: 2
URL: http://www.armfield.co.uk/pct50

Applications: ChE ME IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

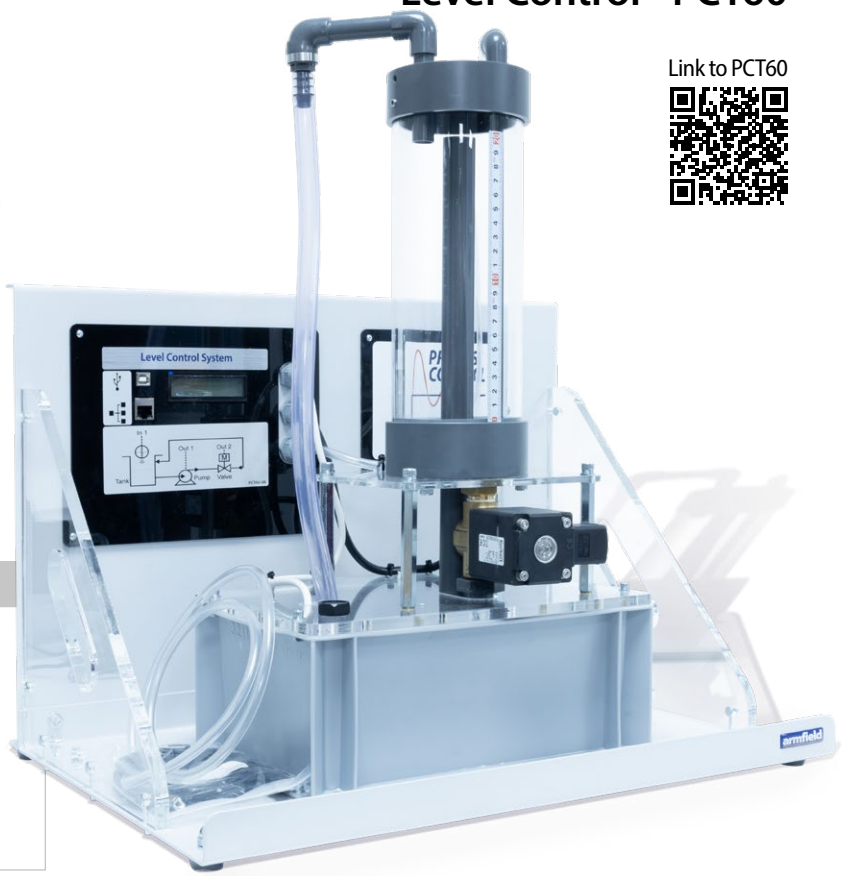
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

armfield.co.uk

PCT SERIES

Level Control - PCT60

Link to PCT60



Level control is a fundamental aspect of process control in various industries, including chemical, petrochemical, food and beverage, water treatment, and more. Understanding level control is essential for students pursuing careers in engineering, process automation, or any field related to these industries.

The Armfield PCT60 level control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The Level system consists of a reservoir water tank, a variable speed pump, a pressure-based level sensor, and a clear process vessel with a scale. A proportional valve provides the process vessel drain.

An overflow pipe in the process vessel prevents it from being overfilled and the system allows students to adjust the pump speed and valve opening.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth & LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd.
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/LabVIEW

Ordering specifications

PCT60 Level Control Process

A level control process trainer, comprising:

- 4mm x 1.5mm wall clear PVC tube (300mm)
- 24V PSU 60w 2.5a
- Level process control system assembly
- Barley pot for process control
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

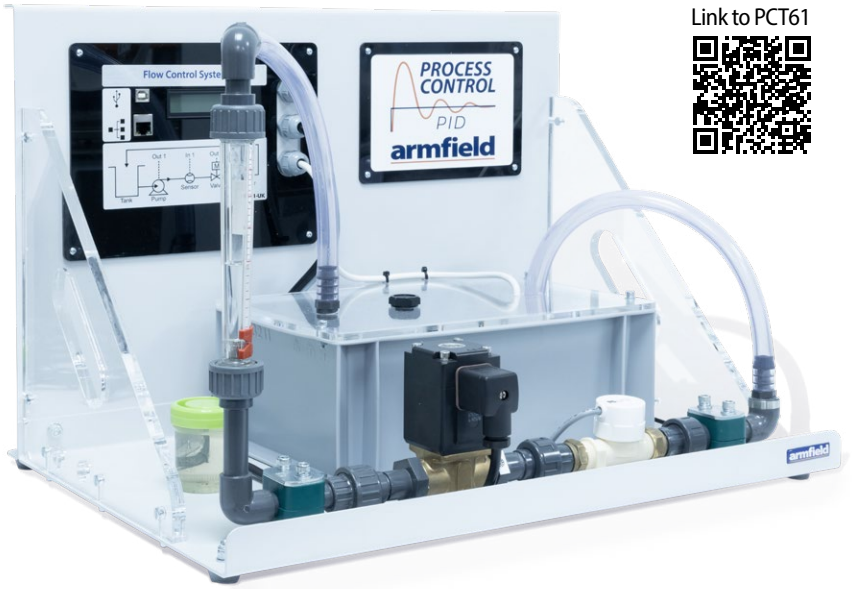
PCT60-UK: Level Process Control System
PCT60-EU: Level Process Control System
PCT60-USA: Level Process Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Flow Control - PCT61



Link to PCT61

Flow process control is a critical aspect of various industries, including chemical, petrochemical, manufacturing, and food production.

Students who understand flow control principles are better prepared for careers in these fields.

Proper flow control is essential for optimizing production processes. Students learn how to regulate the flow of materials or fluids in a way that minimizes waste, maximizes product quality, and improves overall process efficiency.

The PCT61 Flow control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The Flow system consists of a water tank, variable speed pump, a turbine type flow sensor, an electrically operated proportional valve and a variable area flow meter (rotameter).

This allows students to adjust the flow rate via the pump speed and the valve opening to develop a PID based control system.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control.
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB LabVIEW

Ordering specifications

PCT61 Flow Control Process

A flow control process trainer, comprising:

- 4mm x 1.5mm Wall clear PVC tube (300mm)
- 24V PSU 60w 2.5a
- Flow process control assembly
- Barley pot for process control
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On / Off Control software allowing control of each system with a simple on off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT62: Temperature Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

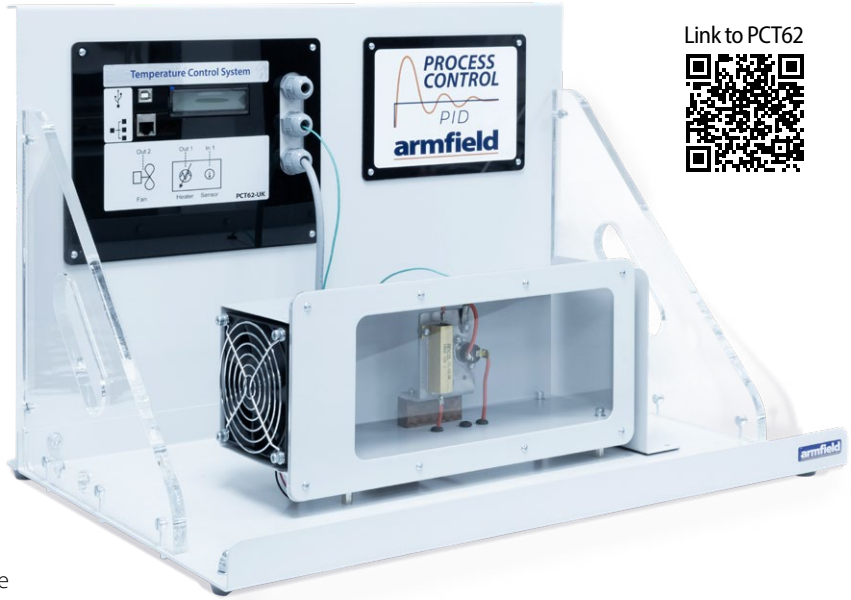
PCT61-UK: Flow Control System
PCT61-EU: Flow Control System
PCT61-USA: Flow Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Temperature Control - PCT62



Link to PCT62

Temperature control is a critical aspect of many industries, including chemical, pharmaceutical, food and beverage, manufacturing, and HVAC (heating, ventilation, and air conditioning). Understanding temperature control is crucial for students pursuing careers in these industries.

Proper temperature control can help industries reduce energy consumption and operating costs. Students learn how to optimize temperature control systems to minimize energy waste and environmental impact.

The Armfield PCT62 temperature control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The temperature process control system includes a heated plate within a duct and a thermocouple. A fan at one end of the duct blows ambient air over the block, to change the control conditions and provide a disturbance to the system.

The system allows users to adjust the heater power and the air flow rate to develop a PID based control system then adjust these parameters to achieve the required time/temperature change profilefor the system in response to step changes in system requirements.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT62 Temperature Control Process

A temperature control process trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Pressure process control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT62-UK: Temperature Control System
PCT62-EU: Temperature Control System
PCT62-USA: Temperature Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Pressure Process - PCT63

Link to PCT63



Teaching pressure process control to students equips them with the knowledge and skills necessary for success in industries where pressure regulation is critical.

It provides a strong foundation in engineering, automation, safety, and problem-solving, making students valuable assets in the workforce while contributing to the efficiency, safety, and quality of industrial processes.

Improper pressure levels can lead to equipment failure, leaks, or even explosions and emphasizes the importance of maintaining safe operating conditions.

The Armfield PCT63 system introduces students to fundamental control concepts, as in feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems. It consists of a variable-speed reciprocating air pump (compressor), the speed of which can be adjusted by the user, a pressure vessel, and an outflow system.

The outflow system allows the air to escape via either a manually operated needle valve - providing an ongoing outflow, or via a solenoid valve and second needle valve - providing a step change in the outflow.

The vessel pressure is measured by a Bourdon-type mechanical gauge along with a pressure sensor. Providing a visual indication of the pressure in the vessel and a means for the user to check and calibrate the controller input from the pressure sensor.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT63 Pressure Control Process

A Pressure control process trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Pressure process control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT62: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements



Scale



Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT63-UK: Pressure Process Control System
PCT63-EU: Pressure Process Control System
PCT63-USA: Pressure Process Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Servo Pendulum - PCT64

Link to PCT64

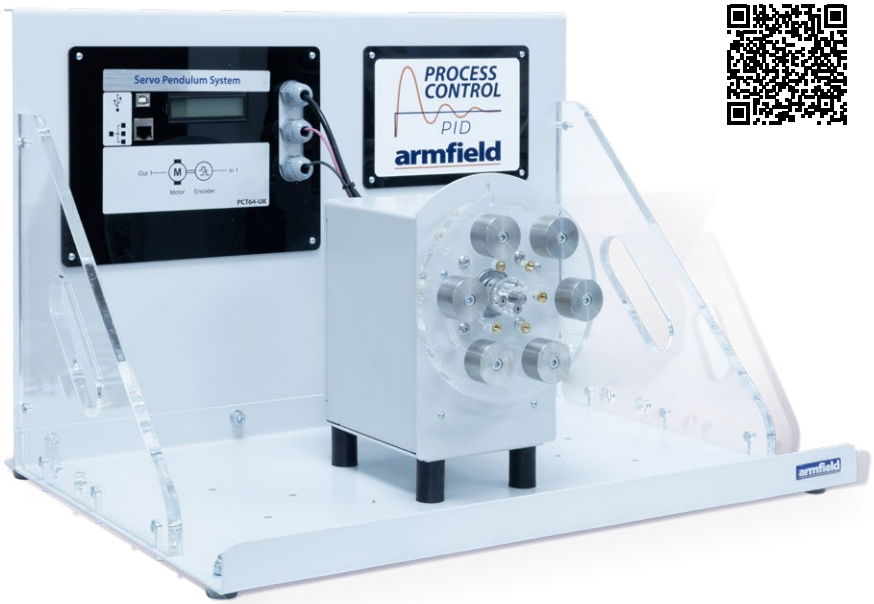
A servo pendulum is a specific type of control system used for applications like pendulum control and inverted pendulum control.

Learning about servo pendulum control systems allows students to see real-world applications of control theory. These systems are used in areas like robotics, aviation, and mechatronics, and understanding them can help students relate theory to practice.

The Armfield PCT64 servo pendulum control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The system consists of a powerful DC motor mounted on a rugged frame. A disc with captive nuts is attached to the DC motor and students are able to screw in 100-gram weights to different parts
of the disc to alter the characteristics of the system.

A single weight at 0 degrees forms an inverting pendulum.



Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT64 Servo Process Control System Process

A Servo Pendulum Process Control trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Servo Pendulum control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems.
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT62: Temperature Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT64-UK: Servo Pendulum Control System
PCT64-EU: Servo Pendulum Control System
PCT64-USA: Servo Pendulum Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

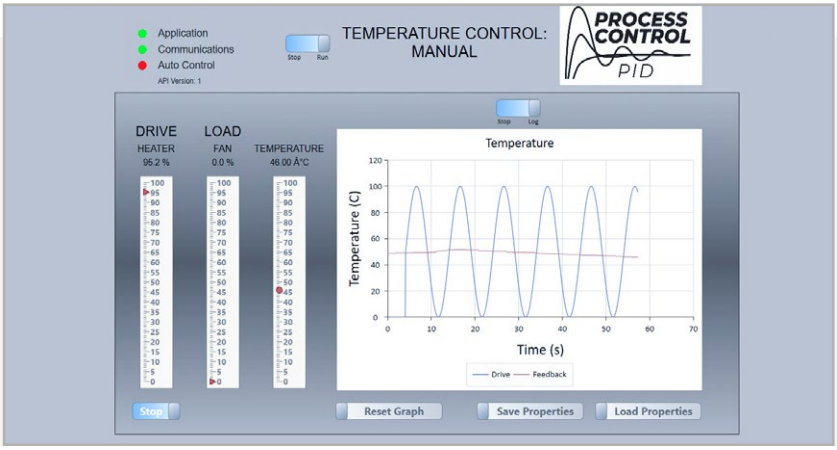
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

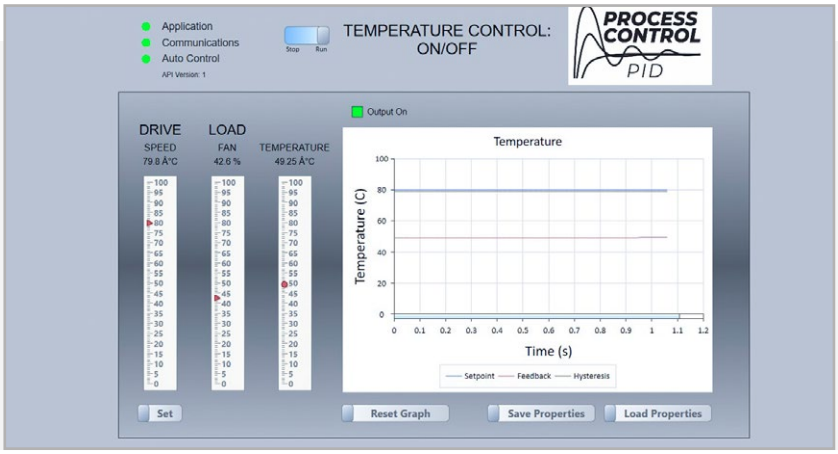
SOFTWARE AND INTERFACING FOR THE ESSENTIALS OF PROCESS CONTROL UNITS

Each process is supplied complete with software that allows it to be controlled using a Windows PC via a USB connection. There are currently 3 software applications available with the unit.

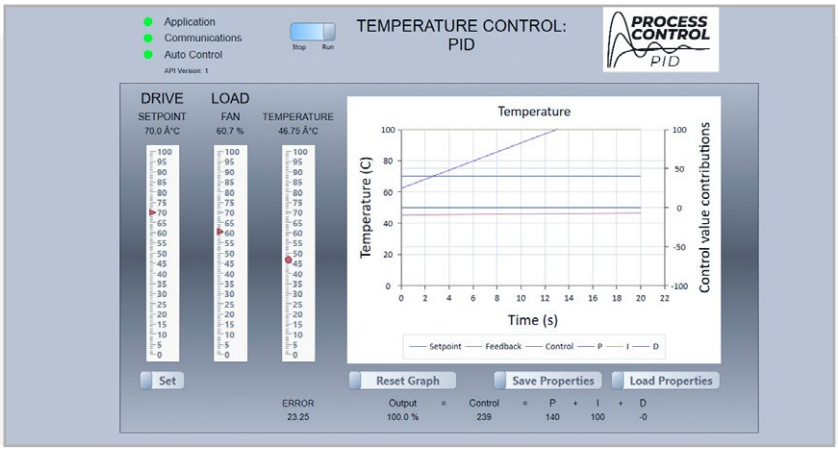
▶ Manual Control gives low level access to the Drive and Load in each system and allows students to calibrate the sensors and drive systems.



▶ On/Off Control allows students to explore controlling each system with a simple on off algorithm, to see the oscillations this produces and to explore the effects of hysteresis.



▶ PID Control allows students to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to those values.



The MATLAB software is supplied with the unit. The Control functionality is controlled via a USB COM port or Networked connection to the computer. We have provided a library of functions to allow the various aspects of the Control Hardware to be investigated and controlled.

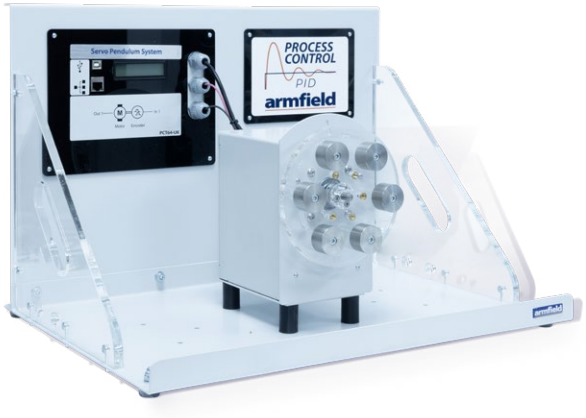
An Application Programming Interface is provided which makes the equipment compatible with MATLAB, Labview or other software.

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Our Commitment to you

Armfield recognises that it is not enough to just supply quality engineering equipment, but that it must also ensure a complete range of services both pre and post-sale:



- Supplied equipment meets global curriculum requirements
- Expert consultation in laboratory design and layout
- Professional installation and commissioning service
- Comprehensive training for all products in house or on site
- In house trials (industrial and research)
- Two year warranty on all products
- Dedicated aftersales service
- Detailed learning outcomes and experiments supplied with all equipment

armfield worldwide

REPRESENTATIVES IN MORE THAN 80 COUNTRIES

To locate a contact in your area visit:
www.armfield.co.uk/contact-armfield/

Head Office:

Armfield Limited
10 Headlands Business Park,
Ringwood, Hampshire
BH24 3PB England

Telephone: +44 (0)1425 478781
E-mail: sales@armfield.co.uk
Support: armfieldassist.com

U.S. Office:

Armfield Inc.
9 Trenton Lakewood Road
Clarksburg NJ 08510
USA

Tel/Fax: +1 (609) 208-2800
E-mail: info@armfieldinc.com
Support: armfieldassist.com

Knowledge base

> 28 years' expertise in research & development technology
> 50 years' providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company
CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

armfield

PCT SERIES

PCT SERIES: PROCESS CONTROL TECHNOLOGY

Essentials of Process Control – PCT60–64

The Modern Process Control system from Armfield, allows students to investigate the principles of industrial process control, using independent Temperature, Pressure, Flow, Level and Servo/ Pendulum systems.

An advanced digital controller/logger with USB, Wifi, Bluetooth and LAN communications is built into each set of equipment.

Three sets of Windows PC software are supplied free of charge: Basic control, On/Off control and PID control. Software includes all settings and functions and on-screen graphing of Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd terms in the Control Equation which is displayed dynamically. Data can be viewed on the internal graph or saved to a CSV file for later analysis.

PCT60 - Level Control / **PCT61** - Flow Control / **PCT62** - Temperature Control
PCT63 - Pressure Control / **PCT64** - Servo Pendulum

Link to PCT



Key Features of the Essentials of Process Control Range

- Understanding the drive/sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P, PI and PID control
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/LabVIEW
- Servo pendulum - angle control

Issue: 2
URL: http://www.armfield.co.uk/pct50

Applications: ChE ME IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

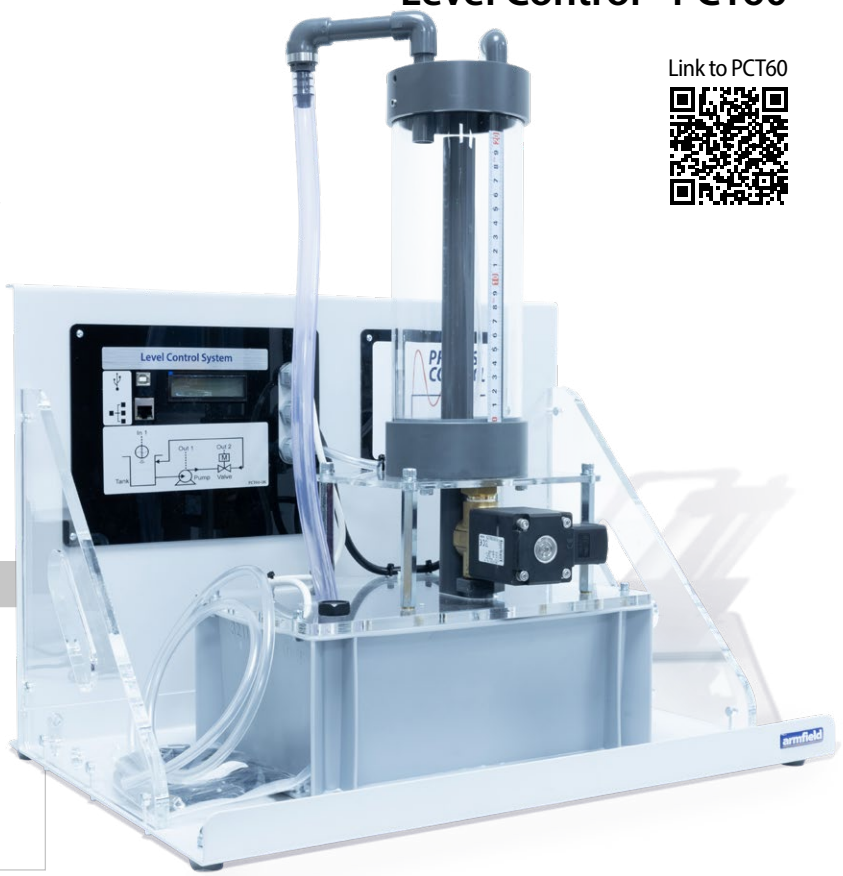
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

armfield.co.uk

PCT SERIES

Level Control - PCT60

Link to PCT60



Level control is a fundamental aspect of process control in various industries, including chemical, petrochemical, food and beverage, water treatment, and more. Understanding level control is essential for students pursuing careers in engineering, process automation, or any field related to these industries.

The Armfield PCT60 level control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The Level system consists of a reservoir water tank, a variable speed pump, a pressure-based level sensor, and a clear process vessel with a scale. A proportional valve provides the process vessel drain.

An overflow pipe in the process vessel prevents it from being overfilled and the system allows students to adjust the pump speed and valve opening.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth & LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd.
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/LabVIEW

Ordering specifications

PCT60 Level Control Process

A level control process trainer, comprising:

- 4mm x 1.5mm wall clear PVC tube (300mm)
- 24V PSU 60w 2.5a
- Level process control system assembly
- Barley pot for process control
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

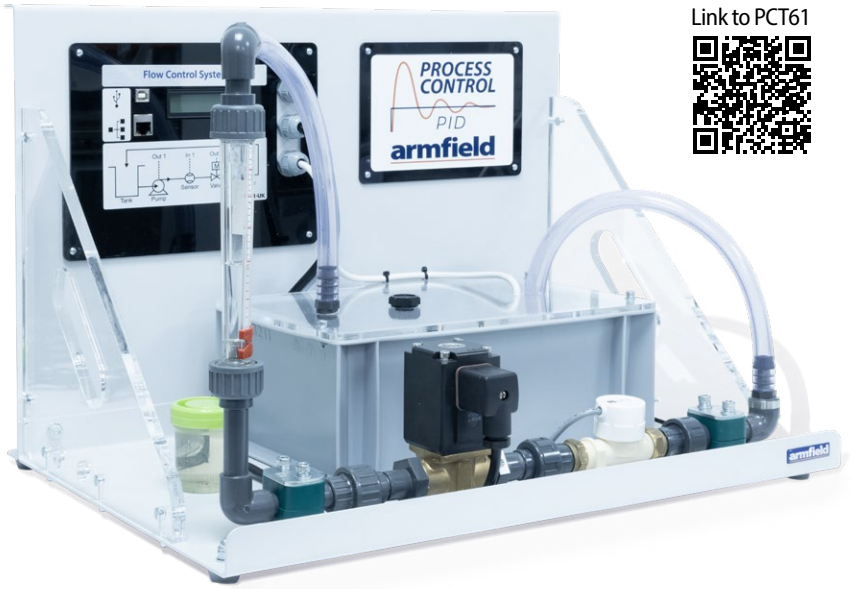
PCT60-UK: Level Process Control System
PCT60-EU: Level Process Control System
PCT60-USA: Level Process Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Flow Control - PCT61



Link to PCT61

Flow process control is a critical aspect of various industries, including chemical, petrochemical, manufacturing, and food production.

Students who understand flow control principles are better prepared for careers in these fields.

Proper flow control is essential for optimizing production processes. Students learn how to regulate the flow of materials or fluids in a way that minimizes waste, maximizes product quality, and improves overall process efficiency.

The PCT61 Flow control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The Flow system consists of a water tank, variable speed pump, a turbine type flow sensor, an electrically operated proportional valve and a variable area flow meter (rotameter).

This allows students to adjust the flow rate via the pump speed and the valve opening to develop a PID based control system.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control.
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB LabVIEW

Ordering specifications

PCT61 Flow Control Process

A flow control process trainer, comprising:

- 4mm x 1.5mm Wall clear PVC tube (300mm)
- 24V PSU 60w 2.5a
- Flow process control assembly
- Barley pot for process control
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On / Off Control software allowing control of each system with a simple on off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT62: Temperature Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

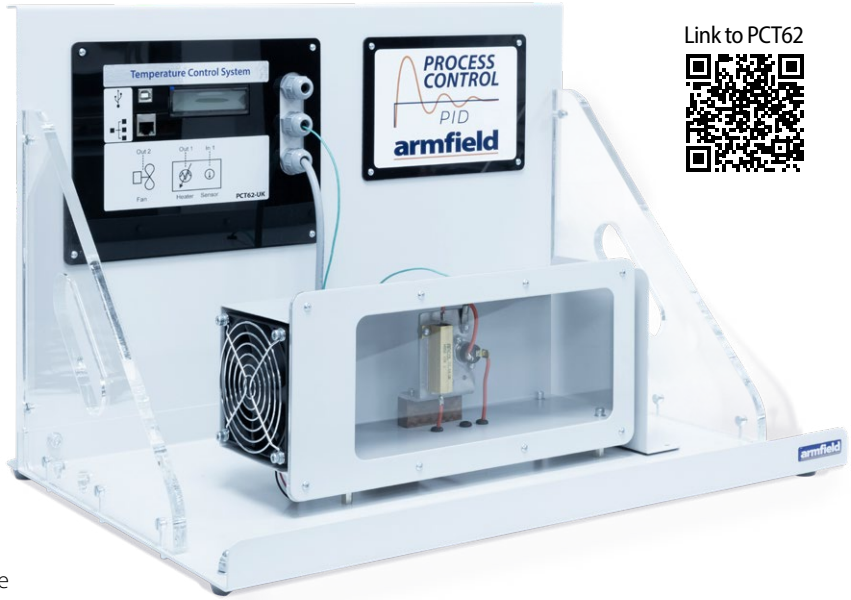
PCT61-UK: Flow Control System
PCT61-EU: Flow Control System
PCT61-USA: Flow Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Temperature Control - PCT62



Link to PCT62

Temperature control is a critical aspect of many industries, including chemical, pharmaceutical, food and beverage, manufacturing, and HVAC (heating, ventilation, and air conditioning). Understanding temperature control is crucial for students pursuing careers in these industries.

Proper temperature control can help industries reduce energy consumption and operating costs. Students learn how to optimize temperature control systems to minimize energy waste and environmental impact.

The Armfield PCT62 temperature control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The temperature process control system includes a heated plate within a duct and a thermocouple. A fan at one end of the duct blows ambient air over the block, to change the control conditions and provide a disturbance to the system.

The system allows users to adjust the heater power and the air flow rate to develop a PID based control system then adjust these parameters to achieve the required time/temperature change profilefor the system in response to step changes in system requirements.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT62 Temperature Control Process

A temperature control process trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Pressure process control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT62-UK: Temperature Control System
PCT62-EU: Temperature Control System
PCT62-USA: Temperature Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Pressure Process - PCT63

Link to PCT63



Teaching pressure process control to students equips them with the knowledge and skills necessary for success in industries where pressure regulation is critical.

It provides a strong foundation in engineering, automation, safety, and problem-solving, making students valuable assets in the workforce while contributing to the efficiency, safety, and quality of industrial processes.

Improper pressure levels can lead to equipment failure, leaks, or even explosions and emphasizes the importance of maintaining safe operating conditions.

The Armfield PCT63 system introduces students to fundamental control concepts, as in feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems. It consists of a variable-speed reciprocating air pump (compressor), the speed of which can be adjusted by the user, a pressure vessel, and an outflow system.

The outflow system allows the air to escape via either a manually operated needle valve - providing an ongoing outflow, or via a solenoid valve and second needle valve - providing a step change in the outflow.

The vessel pressure is measured by a Bourdon-type mechanical gauge along with a pressure sensor. Providing a visual indication of the pressure in the vessel and a means for the user to check and calibrate the controller input from the pressure sensor.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT63 Pressure Control Process

A Pressure control process trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Pressure process control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT62: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements



Scale



Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT63-UK: Pressure Process Control System
PCT63-EU: Pressure Process Control System
PCT63-USA: Pressure Process Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Servo Pendulum - PCT64

Link to PCT64

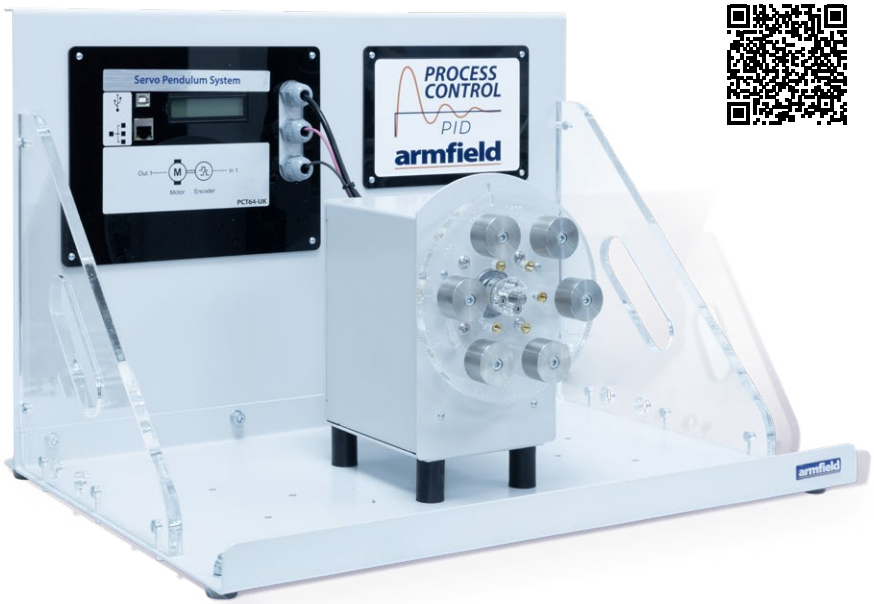
A servo pendulum is a specific type of control system used for applications like pendulum control and inverted pendulum control.

Learning about servo pendulum control systems allows students to see real-world applications of control theory. These systems are used in areas like robotics, aviation, and mechatronics, and understanding them can help students relate theory to practice.

The Armfield PCT64 servo pendulum control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The system consists of a powerful DC motor mounted on a rugged frame. A disc with captive nuts is attached to the DC motor and students are able to screw in 100-gram weights to different parts
of the disc to alter the characteristics of the system.

A single weight at 0 degrees forms an inverting pendulum.



Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT64 Servo Process Control System Process

A Servo Pendulum Process Control trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Servo Pendulum control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems.
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT62: Temperature Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT64-UK: Servo Pendulum Control System
PCT64-EU: Servo Pendulum Control System
PCT64-USA: Servo Pendulum Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

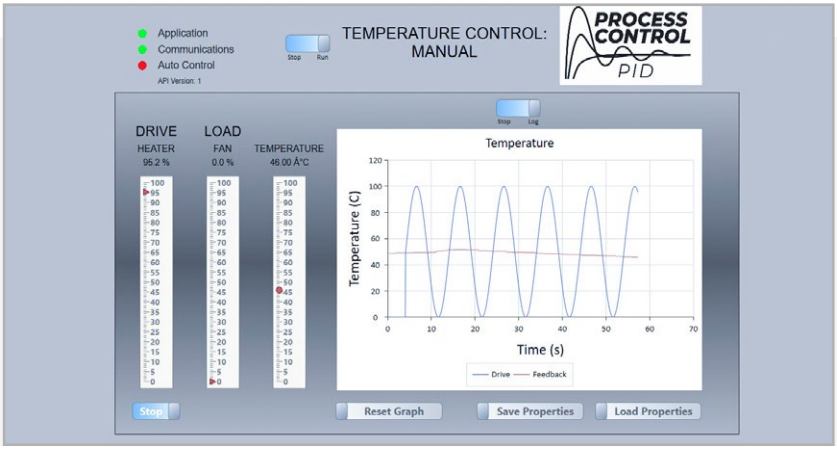
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

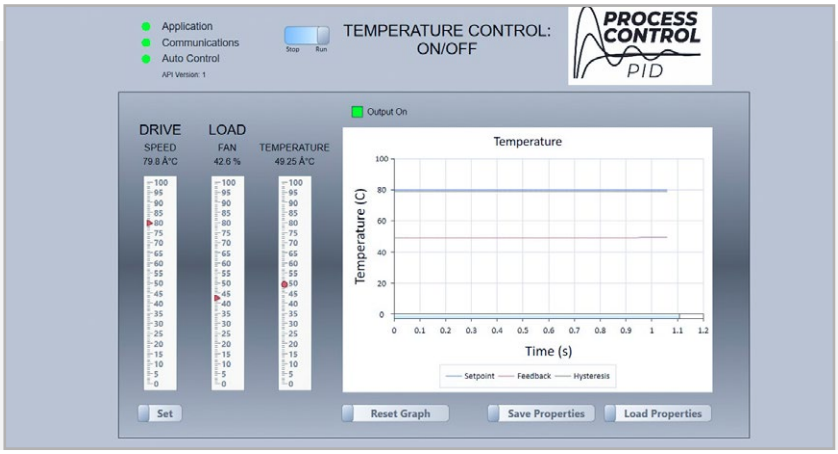
SOFTWARE AND INTERFACING FOR THE ESSENTIALS OF PROCESS CONTROL UNITS

Each process is supplied complete with software that allows it to be controlled using a Windows PC via a USB connection. There are currently 3 software applications available with the unit.

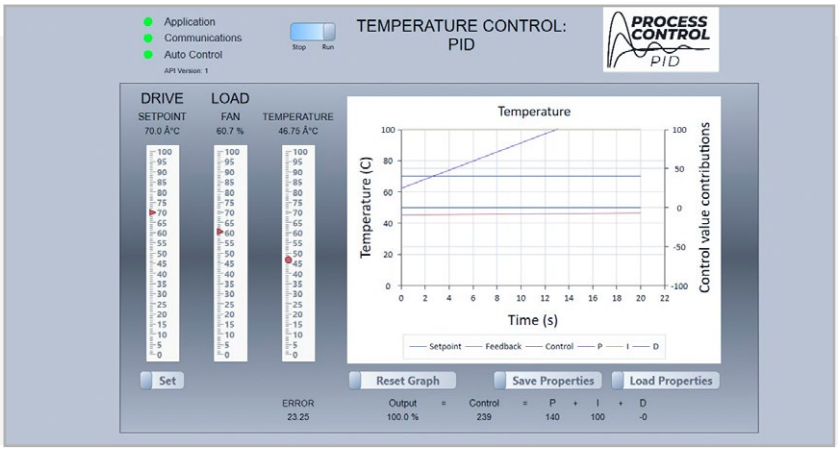
▶ Manual Control gives low level access to the Drive and Load in each system and allows students to calibrate the sensors and drive systems.



▶ On/Off Control allows students to explore controlling each system with a simple on off algorithm, to see the oscillations this produces and to explore the effects of hysteresis.



▶ PID Control allows students to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to those values.



The MATLAB software is supplied with the unit. The Control functionality is controlled via a USB COM port or Networked connection to the computer. We have provided a library of functions to allow the various aspects of the Control Hardware to be investigated and controlled.

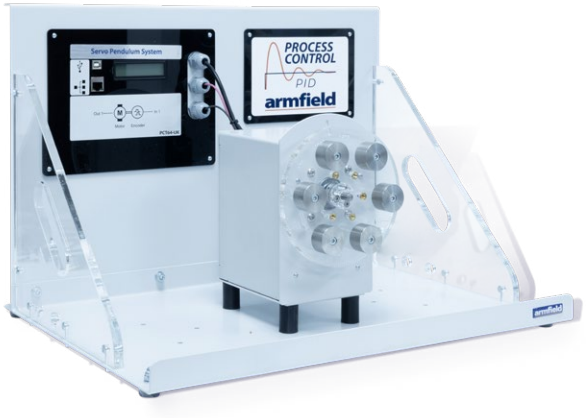
An Application Programming Interface is provided which makes the equipment compatible with MATLAB, Labview or other software.

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Our Commitment to you

Armfield recognises that it is not enough to just supply quality engineering equipment, but that it must also ensure a complete range of services both pre and post-sale:



- Supplied equipment meets global curriculum requirements
- Expert consultation in laboratory design and layout
- Professional installation and commissioning service
- Comprehensive training for all products in house or on site
- In house trials (industrial and research)
- Two year warranty on all products
- Dedicated aftersales service
- Detailed learning outcomes and experiments supplied with all equipment

armfield worldwide

REPRESENTATIVES IN MORE THAN 80 COUNTRIES

To locate a contact in your area visit:
www.armfield.co.uk/contact-armfield/

Head Office:

Armfield Limited
10 Headlands Business Park,
Ringwood, Hampshire
BH24 3PB England

Telephone: +44 (0)1425 478781
E-mail: sales@armfield.co.uk
Support: armfieldassist.com

U.S. Office:

Armfield Inc.
9 Trenton Lakewood Road
Clarksburg NJ 08510
USA

Tel/Fax: +1 (609) 208-2800
E-mail: info@armfieldinc.com
Support: armfieldassist.com

Knowledge base

> 28 years' expertise in research & development technology
> 50 years' providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company
CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

armfield

PCT SERIES

PCT SERIES: PROCESS CONTROL TECHNOLOGY

Essentials of Process Control – PCT60–64

The Modern Process Control system from Armfield, allows students to investigate the principles of industrial process control, using independent Temperature, Pressure, Flow, Level and Servo/ Pendulum systems.

An advanced digital controller/logger with USB, Wifi, Bluetooth and LAN communications is built into each set of equipment.

Three sets of Windows PC software are supplied free of charge: Basic control, On/Off control and PID control. Software includes all settings and functions and on-screen graphing of Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd terms in the Control Equation which is displayed dynamically. Data can be viewed on the internal graph or saved to a CSV file for later analysis.

PCT60 - Level Control / **PCT61** - Flow Control / **PCT62** - Temperature Control
PCT63 - Pressure Control / **PCT64** - Servo Pendulum

Link to PCT



Key Features of the Essentials of Process Control Range

- Understanding the drive/sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P, PI and PID control
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/LabVIEW
- Servo pendulum - angle control

Issue: 2
URL: http://www.armfield.co.uk/pct50

Applications: ChE ME IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

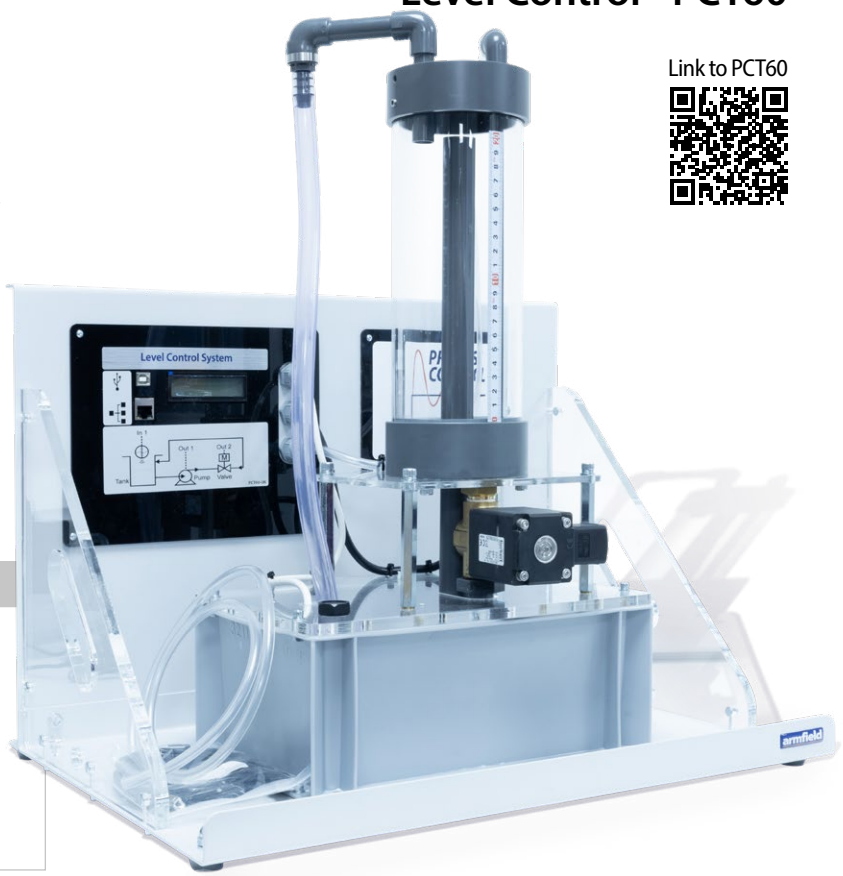
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

armfield.co.uk

PCT SERIES

Level Control - PCT60

Link to PCT60



Level control is a fundamental aspect of process control in various industries, including chemical, petrochemical, food and beverage, water treatment, and more. Understanding level control is essential for students pursuing careers in engineering, process automation, or any field related to these industries.

The Armfield PCT60 level control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The Level system consists of a reservoir water tank, a variable speed pump, a pressure-based level sensor, and a clear process vessel with a scale. A proportional valve provides the process vessel drain.

An overflow pipe in the process vessel prevents it from being overfilled and the system allows students to adjust the pump speed and valve opening.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth & LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd.
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/LabVIEW

Ordering specifications

PCT60 Level Control Process

A level control process trainer, comprising:

- 4mm x 1.5mm wall clear PVC tube (300mm)
- 24V PSU 60w 2.5a
- Level process control system assembly
- Barley pot for process control
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

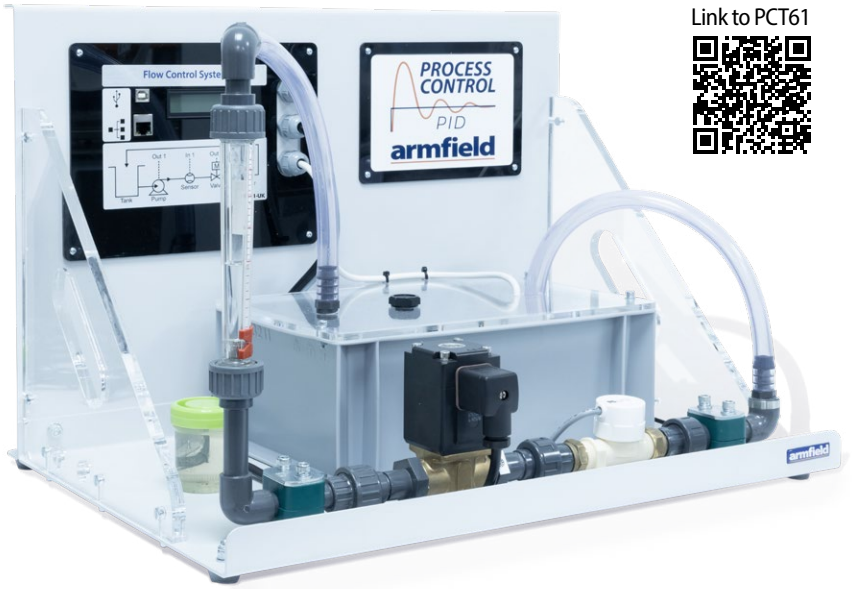
PCT60-UK: Level Process Control System
PCT60-EU: Level Process Control System
PCT60-USA: Level Process Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Flow Control - PCT61



Link to PCT61

Flow process control is a critical aspect of various industries, including chemical, petrochemical, manufacturing, and food production.

Students who understand flow control principles are better prepared for careers in these fields.

Proper flow control is essential for optimizing production processes. Students learn how to regulate the flow of materials or fluids in a way that minimizes waste, maximizes product quality, and improves overall process efficiency.

The PCT61 Flow control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The Flow system consists of a water tank, variable speed pump, a turbine type flow sensor, an electrically operated proportional valve and a variable area flow meter (rotameter).

This allows students to adjust the flow rate via the pump speed and the valve opening to develop a PID based control system.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control.
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB LabVIEW

Ordering specifications

PCT61 Flow Control Process

A flow control process trainer, comprising:

- 4mm x 1.5mm Wall clear PVC tube (300mm)
- 24V PSU 60w 2.5a
- Flow process control assembly
- Barley pot for process control
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On / Off Control software allowing control of each system with a simple on off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT62: Temperature Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

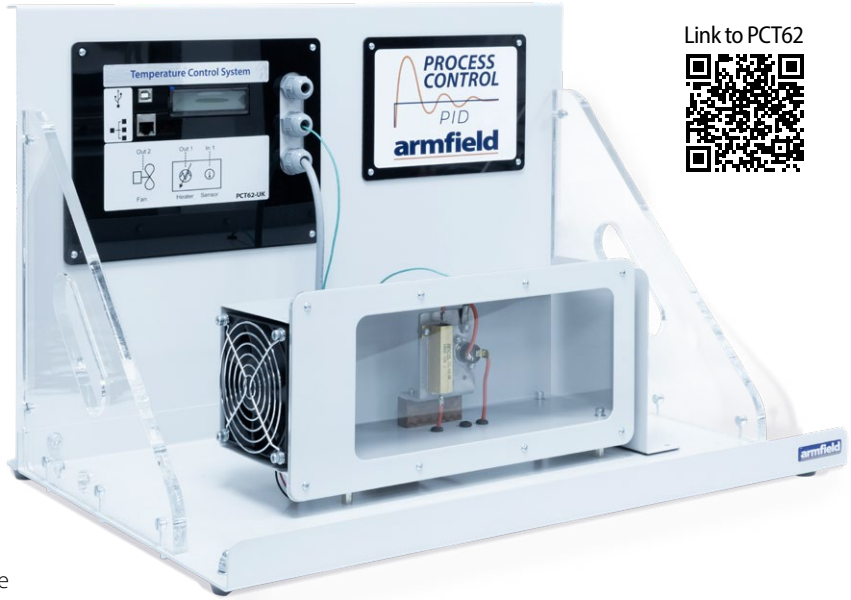
PCT61-UK: Flow Control System
PCT61-EU: Flow Control System
PCT61-USA: Flow Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Temperature Control - PCT62



Link to PCT62

Temperature control is a critical aspect of many industries, including chemical, pharmaceutical, food and beverage, manufacturing, and HVAC (heating, ventilation, and air conditioning). Understanding temperature control is crucial for students pursuing careers in these industries.

Proper temperature control can help industries reduce energy consumption and operating costs. Students learn how to optimize temperature control systems to minimize energy waste and environmental impact.

The Armfield PCT62 temperature control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The temperature process control system includes a heated plate within a duct and a thermocouple. A fan at one end of the duct blows ambient air over the block, to change the control conditions and provide a disturbance to the system.

The system allows users to adjust the heater power and the air flow rate to develop a PID based control system then adjust these parameters to achieve the required time/temperature change profilefor the system in response to step changes in system requirements.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT62 Temperature Control Process

A temperature control process trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Pressure process control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT62-UK: Temperature Control System
PCT62-EU: Temperature Control System
PCT62-USA: Temperature Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Pressure Process - PCT63

Link to PCT63



Teaching pressure process control to students equips them with the knowledge and skills necessary for success in industries where pressure regulation is critical.

It provides a strong foundation in engineering, automation, safety, and problem-solving, making students valuable assets in the workforce while contributing to the efficiency, safety, and quality of industrial processes.

Improper pressure levels can lead to equipment failure, leaks, or even explosions and emphasizes the importance of maintaining safe operating conditions.

The Armfield PCT63 system introduces students to fundamental control concepts, as in feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems. It consists of a variable-speed reciprocating air pump (compressor), the speed of which can be adjusted by the user, a pressure vessel, and an outflow system.

The outflow system allows the air to escape via either a manually operated needle valve - providing an ongoing outflow, or via a solenoid valve and second needle valve - providing a step change in the outflow.

The vessel pressure is measured by a Bourdon-type mechanical gauge along with a pressure sensor. Providing a visual indication of the pressure in the vessel and a means for the user to check and calibrate the controller input from the pressure sensor.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT63 Pressure Control Process

A Pressure control process trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Pressure process control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT62: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements



Scale



Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT63-UK: Pressure Process Control System
PCT63-EU: Pressure Process Control System
PCT63-USA: Pressure Process Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Servo Pendulum - PCT64

Link to PCT64

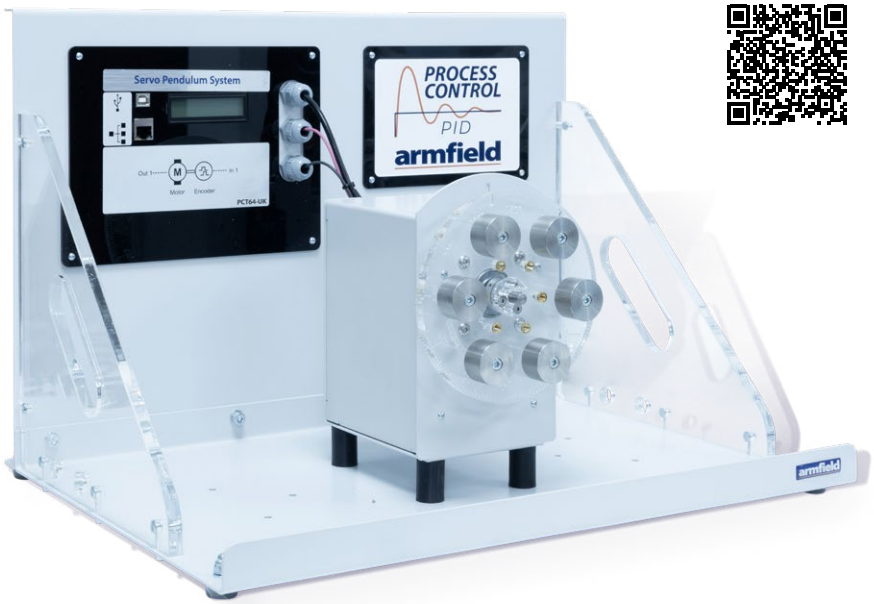
A servo pendulum is a specific type of control system used for applications like pendulum control and inverted pendulum control.

Learning about servo pendulum control systems allows students to see real-world applications of control theory. These systems are used in areas like robotics, aviation, and mechatronics, and understanding them can help students relate theory to practice.

The Armfield PCT64 servo pendulum control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The system consists of a powerful DC motor mounted on a rugged frame. A disc with captive nuts is attached to the DC motor and students are able to screw in 100-gram weights to different parts
of the disc to alter the characteristics of the system.

A single weight at 0 degrees forms an inverting pendulum.



Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT64 Servo Process Control System Process

A Servo Pendulum Process Control trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Servo Pendulum control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems.
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT62: Temperature Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT64-UK: Servo Pendulum Control System
PCT64-EU: Servo Pendulum Control System
PCT64-USA: Servo Pendulum Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

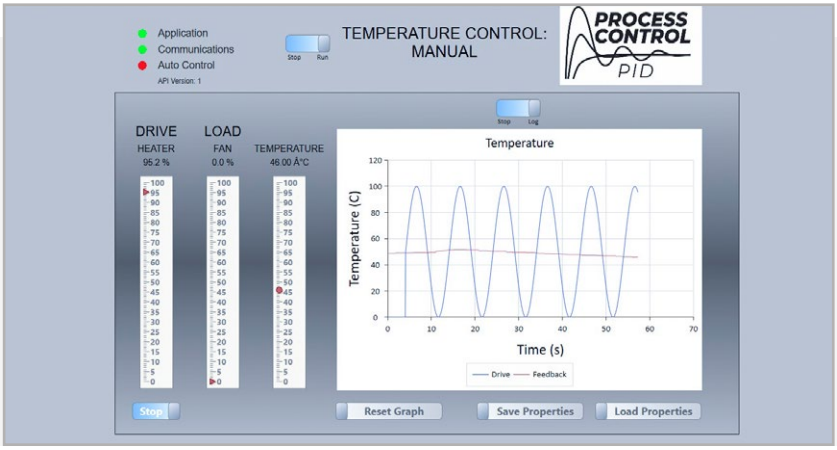
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

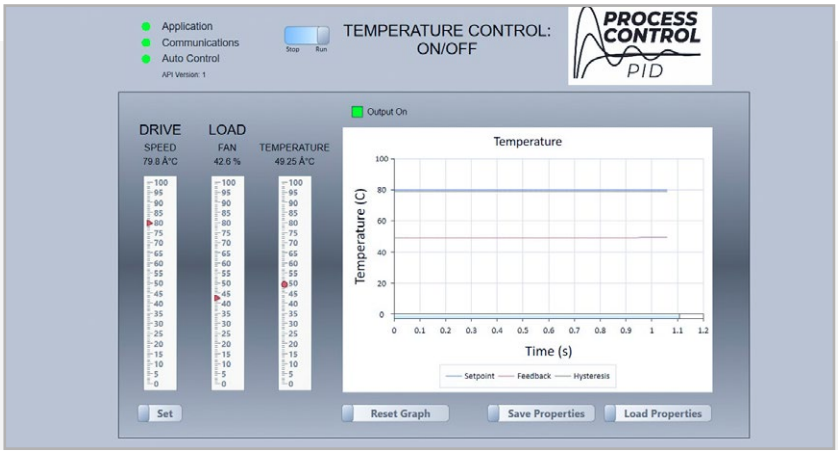
SOFTWARE AND INTERFACING FOR THE ESSENTIALS OF PROCESS CONTROL UNITS

Each process is supplied complete with software that allows it to be controlled using a Windows PC via a USB connection. There are currently 3 software applications available with the unit.

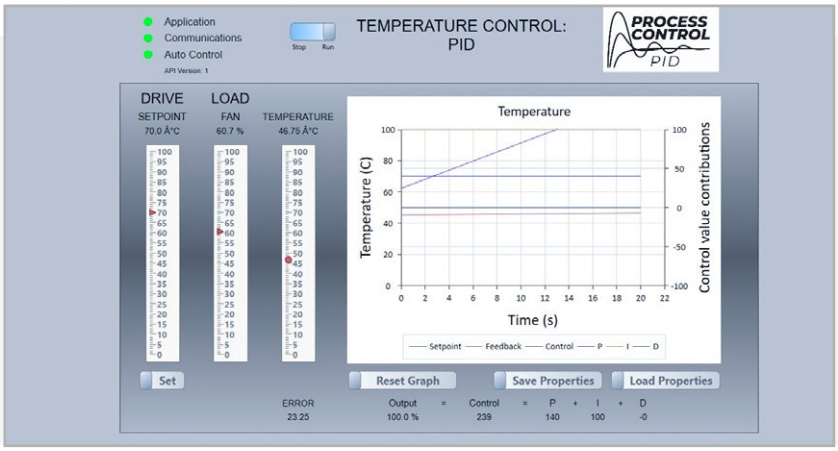
▶ Manual Control gives low level access to the Drive and Load in each system and allows students to calibrate the sensors and drive systems.



▶ On/Off Control allows students to explore controlling each system with a simple on off algorithm, to see the oscillations this produces and to explore the effects of hysteresis.



▶ PID Control allows students to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to those values.



The MATLAB software is supplied with the unit. The Control functionality is controlled via a USB COM port or Networked connection to the computer. We have provided a library of functions to allow the various aspects of the Control Hardware to be investigated and controlled.

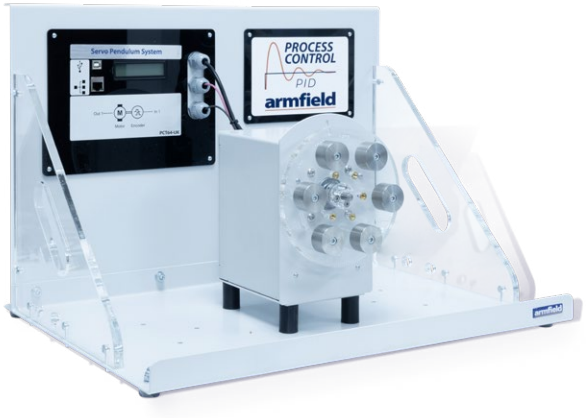
An Application Programming Interface is provided which makes the equipment compatible with MATLAB, Labview or other software.

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Our Commitment to you

Armfield recognises that it is not enough to just supply quality engineering equipment, but that it must also ensure a complete range of services both pre and post-sale:



- Supplied equipment meets global curriculum requirements
- Expert consultation in laboratory design and layout
- Professional installation and commissioning service
- Comprehensive training for all products in house or on site
- In house trials (industrial and research)
- Two year warranty on all products
- Dedicated aftersales service
- Detailed learning outcomes and experiments supplied with all equipment

armfield worldwide

REPRESENTATIVES IN MORE THAN 80 COUNTRIES

To locate a contact in your area visit:
www.armfield.co.uk/contact-armfield/

Head Office:

Armfield Limited
10 Headlands Business Park,
Ringwood, Hampshire
BH24 3PB England

Telephone: +44 (0)1425 478781
E-mail: sales@armfield.co.uk
Support: armfieldassist.com

U.S. Office:

Armfield Inc.
9 Trenton Lakewood Road
Clarksburg NJ 08510
USA

Tel/Fax: +1 (609) 208-2800
E-mail: info@armfieldinc.com
Support: armfieldassist.com

Knowledge base

> 28 years' expertise in research & development technology
> 50 years' providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company
CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

PCT SERIES

Process Plant Trainer – PCT23MKII

The Armfield Process Plant Trainer - PCT23MKII can be used to demonstrate a complete range of process control methods and strategies.

Manual control and single feedback loops through to sophisticated cascade loops can be demonstrated along with distributed supervisory control of the whole process, by a remotely located computer.

The system is a miniature replication of a true production process. The student is presented with real process control problems with realistic dynamic behaviour and instabilities.

PID OR PROGRAMMABLE CONTROLLERS
CONTROL AND/OR DATA LOGGING USING A PC



Key features

The Armfield Process Plant Trainer is a miniature version of a real industrial process, having typical problems of dynamics and stability for which control strategies must be devised and operated.

The following process characteristics are incorporated:

- Multiple inputs and outputs
- Presence of dead time
- Recycling to minimise energy needs
- Alarms with corrective actions
- Operational sequencing from start up to shut down

The trainer allows the user to investigate various control techniques associated with process plant. These techniques range progressively from single loop analogue control through to multi loop PLC systems and ultimately to distributed supervisory control of the whole process by a remotely located PC station.

The Process Plant Trainer incorporates an electrical console which provides access to the various signals associated with measurement and control of the process allowing a variety of control possibilities:

- Manual operation
- Data logging using a PC or chart recorder
- Manual control via a PC using a mimic diagram
- Direct digital control using a PC
- Use of industrial, PID or programmable controllers
- Use of customer-provided controllers
- Use of serial communications for supervisory control of individual controllers (SCADA)

Computer software is supplied with the Process Plant Trainer which allows control and/or data logging using a PC.

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 5
URL: http://www.armfield.co.uk/pct23mkii
Applications: ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Description

The PCT23MKII is a bench top process control system, comprising a process unit mounted on an ABS plinth, an electrical control console, and control software, which can be run on any Windows PC with a spare USB port.

a) Process Unit

The process is modelled on an industrial high temperature short time (HTST) pasteurisation process. In this process the product stream has to be kept at a predetermined temperature for a minimum time, usually for bacteriological purposes. This is effected by the use of a holding tube, which delays the product stream, thus posing particular process control problems and introducing the concept of 'dead time'.

Other reasons why the HTST process is a particularly suitable basis for teaching process control are the use of a three stage heat exchanger (recycle, heating and cooling) and the use of a divert valve to reject inadequately treated product. Again these important industrial principles pose real process control problems and help maintain the students' interest.

Further process control problems are illustrated by the use of two feed tanks, with different level sensor types. Solenoid driven valves control the filling and emptying of these tanks. These enable different level control strategies to be developed and provide startup and shutdown operational sequencing capability.

The unit includes a wide range of instrumentation for temperature and flow measurement as well as a conductivity sensor, enabling simple process concentration experiments to be performed.

The unit comprises:

- Feed system with peristaltic pump
- Water heating unit with peristaltic pump
- Water cooling system
- Plate heat exchanger with holding tube
- Flow sensor in feed line
- Conductivity sensor
- Four temperature sensors
- Level sensor in product tank
- High/low level switches in washing/reagent tank
- 2-way solenoid valves for filling feed tanks and cooling water to exchanger
- 3-way solenoid valves for selecting feed tank and diverting waste product
- Connections to the electrical console

b) Control Console

The control console provides the electrical interface and signal conditioning for the process module. It also includes a USB interface for a Windows® computer. The process module sensor outputs can be displayed in engineering units on an integral LED display. The outputs are also available for external monitoring.

The drive signals to the process module can be selected as either manual control from the front panel, control from a PC via the USB, on/off control from an external source.

The source signals for both pumps and the heater are individually selectable.

Electrical faults may be introduced into any of the low voltage measurement or control signals by a fault emulator installed in the electrical console. Faults may be inserted individually or in combination to suit the student's ability. The quick release fittings used throughout the process enable faults to be introduced into the process pipework.

The unit comprises:

- Product feed pump speed control
- Heating fluid pump speed control
- Heater power measurement and control
- Temperature (x 4), flow, level & conductivity measurement
- Digital inputs/outputs (from switches/to solenoid valves)
- Front panel sockets for connection to accessories, in particular industrial controllers and chart recorder



PCT23MKII Control console side switches

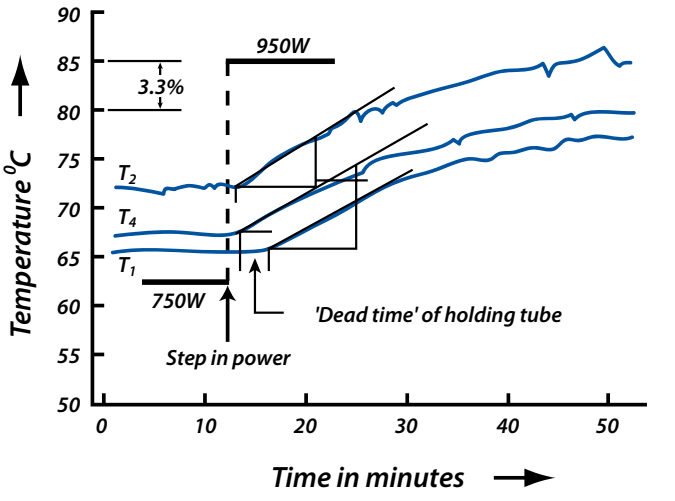


Fig 1: Open loop temperature responses to a step in change (in power). Use of a 'reaction curve' method to obtain optimum P+I+D settings for a process temperature (T_1, T_2 and T_4) to control the power to the heater vessel. T_1 = Process temperature after holding tube, T_2 = Hot water circulating temperature, T_3 = Process temperature before holding tube

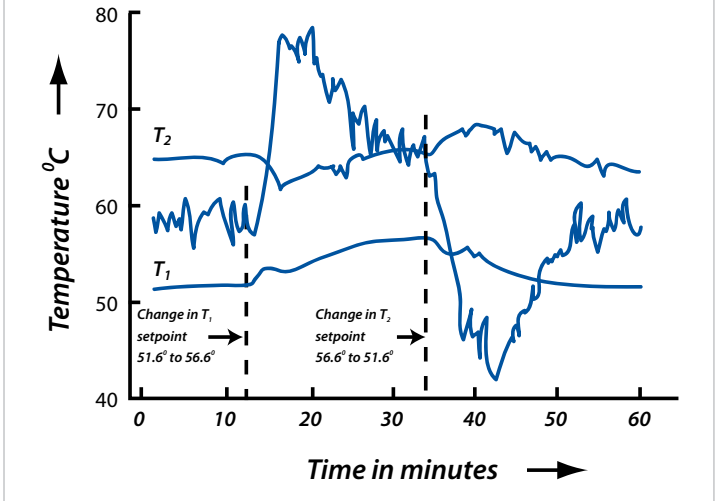


Fig 3: Dual loop control using Windows software
- Product temperature T_1 controlling hot water circulation rate
- Hot water temperature T_2 controlling heater power (PWR)
Note reaction between T_1, T_2 and PWR as a result of setpoint change to T_1 (up 5°C then down 5°C).

Description

c) Software

Included in the basic equipment supply is an advanced educational software package, which implements the control functions. The software displays a real time process mimic diagram and includes PID control algorithms, with user control over the key parameters.

A number of predefined student exercises are implemented, such as alarm actions and acknowledgements, different single PID loops, cascade and multiple PID loops.

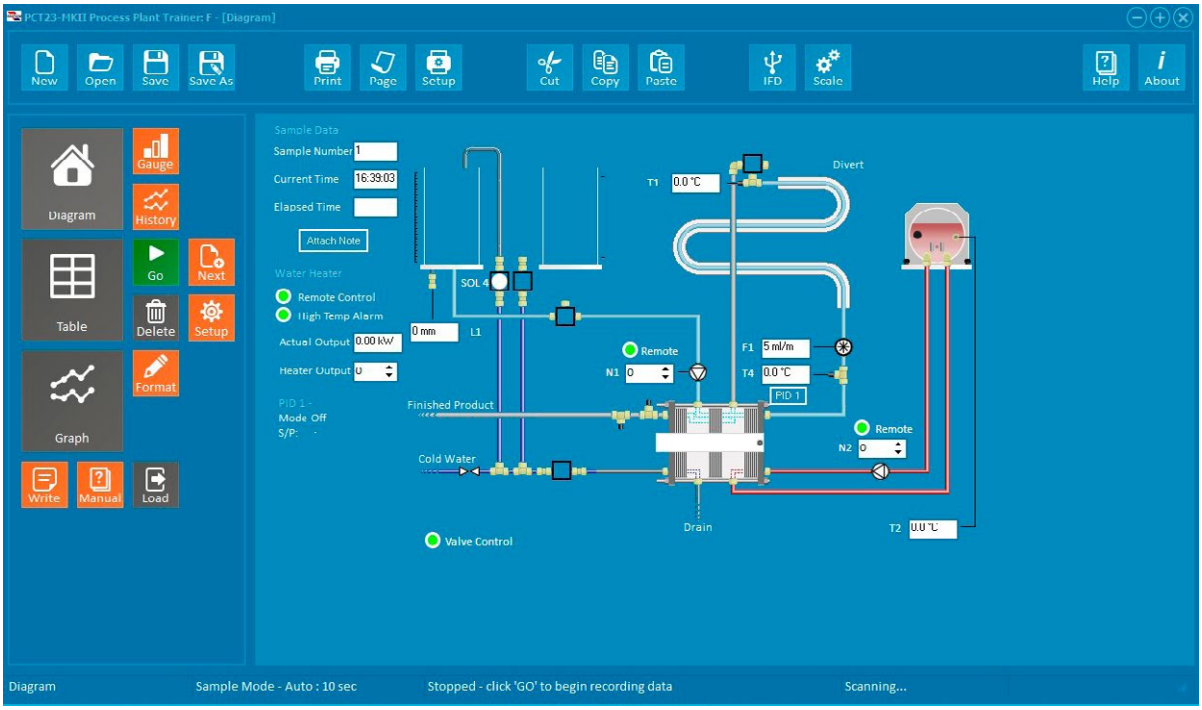
Included in the software is a sophisticated data logging and graphical display capability. This capability can be used even when the control signals are derived externally or manually.

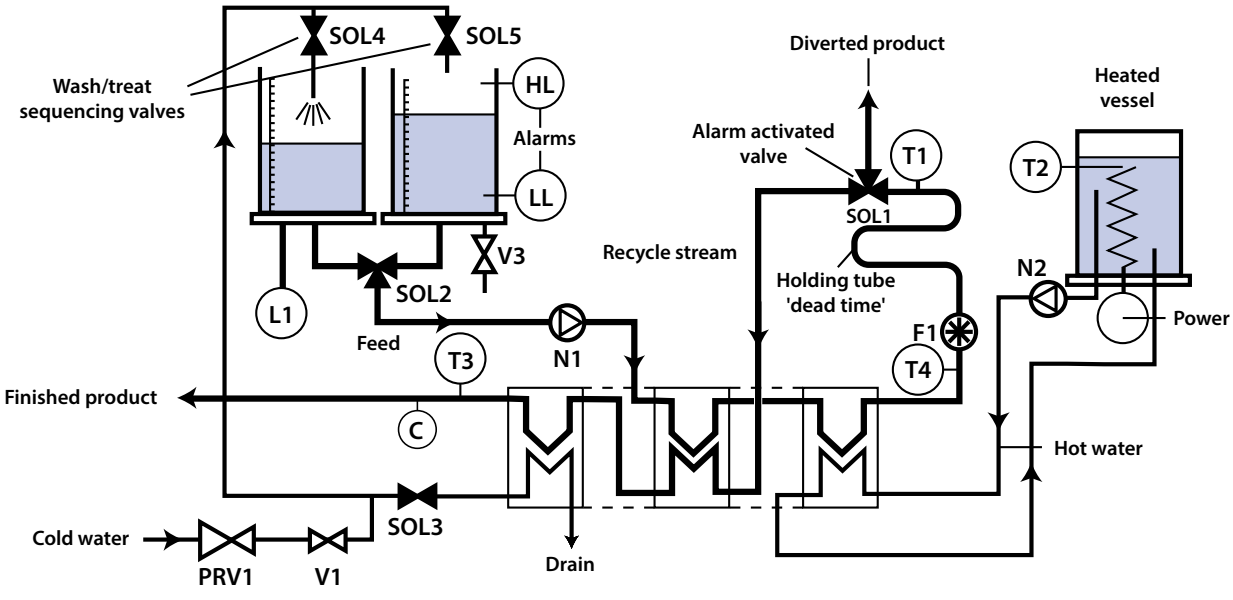
The data can be saved and recalled, or exported in Microsoft® Excel format.

Other facilities included in the software are a series of presentation screens to aid in the setting up, using the equipment, analysing the results, etc. This is backed up by a comprehensive help system.

Advanced users may wish to produce their own control software using packages such as LabVIEW™, MatLab or 'C'. This is possible using the USB interface on the PCT23 as the low level software driver (DLL) is accessible and interfacing instructions are provided.

For more advanced use, an optional software package has been developed to demonstrate SCADA. This package ***(order code PCT23SCADA)*** enables the PLC to control the process and extracts the data from the PLC via an RS232 connection. The PLC data is then displayed on the mimic diagram, giving the PC the supervisory role of the SCADA implementation.





Process flow diagram

Experimental content - PCT23

Practical training exercises

The Armfield PCT23MKII Process Plant trainer is designed to cover course topics ranging from a first introduction to the subject of process control through to demonstrations of the latest advanced techniques including the use of online mathematical models.

Plant Monitoring using a PC - Gaining familiarity with computer-based mimic diagrams for monitoring process variables: level, temperatures, flows and power

Calibration of Sensors - To calibrate the level sensor installed on the Process Plant Trainer

Process Dynamics I

- **Steady State Operation (Direct Heating)** - Introducing a first order system and the achievement of steady state by investigating the hot water tank characteristics (observing the effect of constant direct heating on the temperature in the hot water tank)
- **Indirect Heat Exchange** - Demonstrating indirect heating using a plate heat exchanger
- **Dead Time** - Demonstration of the phenomenon of dead time
- **Step Changes** - Measuring the response of a system (the plate heat exchanger) to step changes
- **Heat Transfer Losses** - To calculate heat transfer losses for the system

Process Dynamics II

- **Interaction** - Demonstrating the interaction between different loops in the system.Understanding how changing one process variable (e.g. flow rate) affects all the others (eg. temperatures)
- **Heat Regeneration** - From both environmental and economic viewpoints, recycling or regeneration of energy within the process is desirable. The heat exchanger on PCT23 is equipped with a regeneration section where incoming cold feed is preheated by outgoing hot product
- **Indirect Cooling** - In some situations, the finished product will need to be cooled further for final storage even after giving up energy in the regeneration section of the heat exchanger.
  The heat exchanger on PCT23 is equipped with a cooling section where outgoing product can be indirectly cooled using cold water (or chilled water)
- **Process Duty** - Understanding process duty and temperature differentials in the heat exchanger
- **PID Control of Level using Software** - Introduction to level control using a PC (single loop PID controller in software)
- **PID Control of Flow using Software** - Introduction to flow control using a PC (single loop PID controller in software)
- **PID Control of Temperature using Software** - Introduction to temperature control using a PC (single loop PID controller in software)
- **PID Control of Conductivity using Software** -To control the conductivity of the final product by adding a salt solution to the feed
- **Indirect PID Control of Temperature** - To demonstrate single loop PID control
- **PID Control of Temperature with Dead Time** - To demonstrate single loop PID control, with product temperature controlling heater power
- **PID Control with Alarm Driven Disturbances** - To demonstrate the effect on control action of including an alarm-activated diverter valve
- **Controller Optimisation** - Determining the ideal control parameters for a simple system (single loop, temperature to heater power)
- **Controller Optimisation with Dead Time** - Determining the ideal control parameters for a simple system with dead time (single loop, temperature to heater power)
- **Two Loop Cascade Control** - To demonstrate cascade control, whereby product temperature controls hot water temperature set point, which in turn controls heater power
- **Two Loop Control and Interaction** - To demonstrate the effect on process response of two separate PID control loops which interact
- **Three Loop Control** - To demonstrate multivariable control with interacting and non-interacting loops
- **Fault Finding and Diagnostics** - Fault simulation and diagnosis by the instructor switching out selected signals



Requirements

1Ph | PC | USB | COLD

Scale

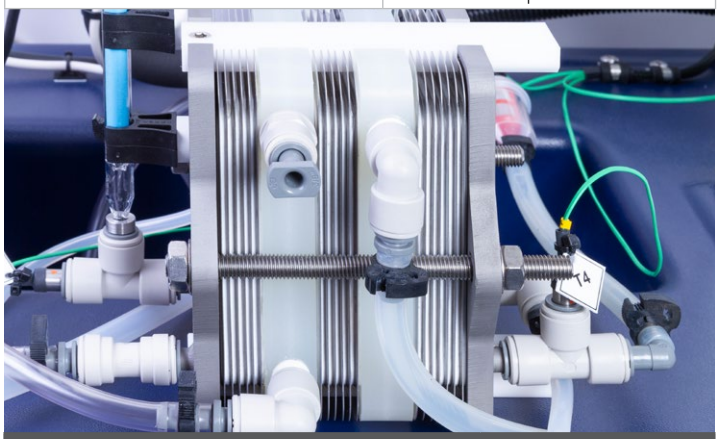
Electrical supply:
PCT23MkII-A: 220-240V/1ph/50Hz
PCT23MkII-B: 120V/1ph/60Hz
PCT23MkII-G: 220V/1ph/60Hz

Cold water supply: 4 l/min @ 2 bar

Software requires the user to have a PC running Windows 7 or above with a USB port.

Technical specifications

Flow rate ranges	
Product stream	0-480ml/min
Washing reagent	0-480ml/min
Heating fluid	0-600ml/min
Max. temperature of heating fluid	80°C
Heat exchanger	Plate type
Feed and reagent vessel capacity	5.7 litres (each)
Heating vessel capacity	3.7 litres
Signal voltages	0-5V
Level sensor range	0-250mm
Flow sensor range	0-500ml/min
Temperature sensor range	0-100°C
Safety features	
RCD in the console, all circuits protected by MCB's, 24V dc operation of solenoid valves and pump motors	
Heating vessel	Thermostat limiting max temp
	Low level switch
	Vent to avoid pressurisation



Overall dimensions

Item	Process unit	Console
Length	0.550m	0.280m
Width	1.000m	0.425m
Height	0.530m	0.400m
Packed and crated shipping specifications		
Volume	1.2m³	
Gross weight	167Kg	

Ordering specifications

- A bench mounted process plant trainer with multiple streams both interacting and non-interacting. The process plant incorporates a miniature three-stage plate heat exchanger heated from a hot water circulator, two independent feed tanks, a holding tube with product divert valve and two variable-speed peristaltic pumps
- Temperature, level, flow and conductivity control loops can be implemented
- Manual control, single feedback loops, through to sophisticated cascade loops and distributed supervisory control of the whole process by a remotely located computer can be demonstrated
- The effect of 'dead time' and heat recycle can be demonstrated
- An electrical console provides measurement and control of the process plant and enables a variety of control techniques including manual operation, on/off control, control from an external signal and control from a PC or PLC
- The equipment incorporates electrical fault simulation and control, data logging software, and a USB computer interface

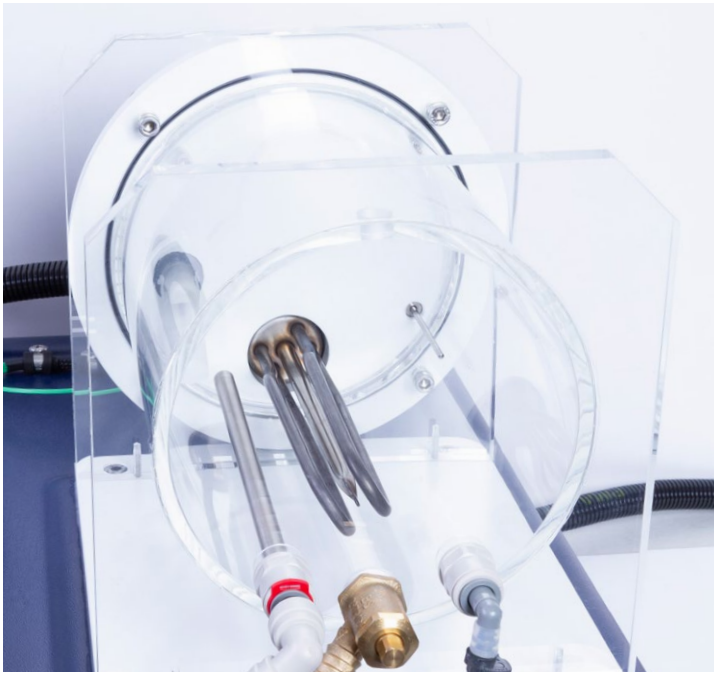
Optional accessories

PCT23SCADA: SCADA Software

This software contains the facilities required to demonstrate SCADA using the Armfield PCT23MKII.

It includes:

- SLC500 ladder logic routines written specifically for the PCT23MKII
- The communications facilities to enable the PCT23MKII software to display and data log the SLC500 parameters
- The additional exercises for the PCT23MKII, enabling SCADA to be demonstrated in the same manner as the other exercises



Ordering codes

PCT23MkII-A: PCT23MkII-B: PCT23MkII-G:

Armfield standard warranty applies with this product

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

H SERIES

Product List - H1/H12/H14H30/H33/H40/H41

The Armfield **H series** provides a complete range of hydraulics instruments for both teaching and research purposes.

The collection includes Vernier Hook and Point Gauges to measure the steady state water surface position. A selection of easy to use manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6 metres of water.

Pitot tubes designed for measuring the velocity of water in open channels or closed ducts. Propeller Velocity Meter used to measure very low point velocities in water and other conductive fluids. The range additionally introduces students into Particle image Velocimetry (PIV).

H series product list

Vernier hooks, point gauges & stands	
▶ Vernier hooks & point guages	H1-1/H1-2/H1-3
▶ Electronic hook, point gauges & stands	H1-7/H1-8/H1-1
Open water, pressurised, mercury & kerosene manometers	
▶ Open water manometers	H12-1
▶ Pressurised water manometers	H12-2
▶ Mercury manometers	H12-3/H12-4
▶ Kerosene manometers	H12-5
▶ Electronic pressure meters	H12-8/H12-9
Computer compatible manometer bank	
▶ Computer compatible manometer bank	H14/2
Pitot tubes	
▶ Pitot tubes	H30
Propeller velocity flowmeter	
▶ Propeller velocity flowmeter	H33
Wave probe systems & Laser PIV system	
▶ Wave probe systems	H40
▶ Laser PIV system	H41



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Vernier Hook & Point Gauges - H1

H1-1 / H1-3 - Hook & Point Gauges

The measurement of steady state water surface position is frequently needed during hydraulic investigations.

This is done by using a small point or hook manually adjusted to touch the water surface, and a reading is taken of the vertical movement using a scale or vernier.

Description - Vernier Hook & Point Gauges (H1-1, H1-2, H1-3)

A mounting frame is clamped to a suitable support structure and a gauging rod is free to slide up and down over the water surface. A stainless steel hook or point is attached to the bottom end of the rod and is used to locate the water surface.

Gauging is carried out by means of a primary scale attached to the mounting frame and a vernier scale attached to the rod. The scales are in edge contact.

The rod is held in a screwed collar for fine adjustment and can be released for large, rapid changes of position. Zero can be reset by a locking screw positioned on the vernier scale.

Demonstration Capabilities

- Location of air-water surface boundaries with high resolution
- Measurement of slowly changing water levels in flumes and hydraulic models
- Measurement of mechanical deformation

Overall dimensions

H1-1 (150mm):		
Length	265mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-2 (300mm):		
Length	415mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-3 (450mm):		
Length	565mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-1 (150mm):	0.01 m^3	1.2kg
H1-2 (300mm):	0.01 m^3	1.5kg
H1-3 (450mm):	0.01 m^3	1.7kg

Ordering Specification

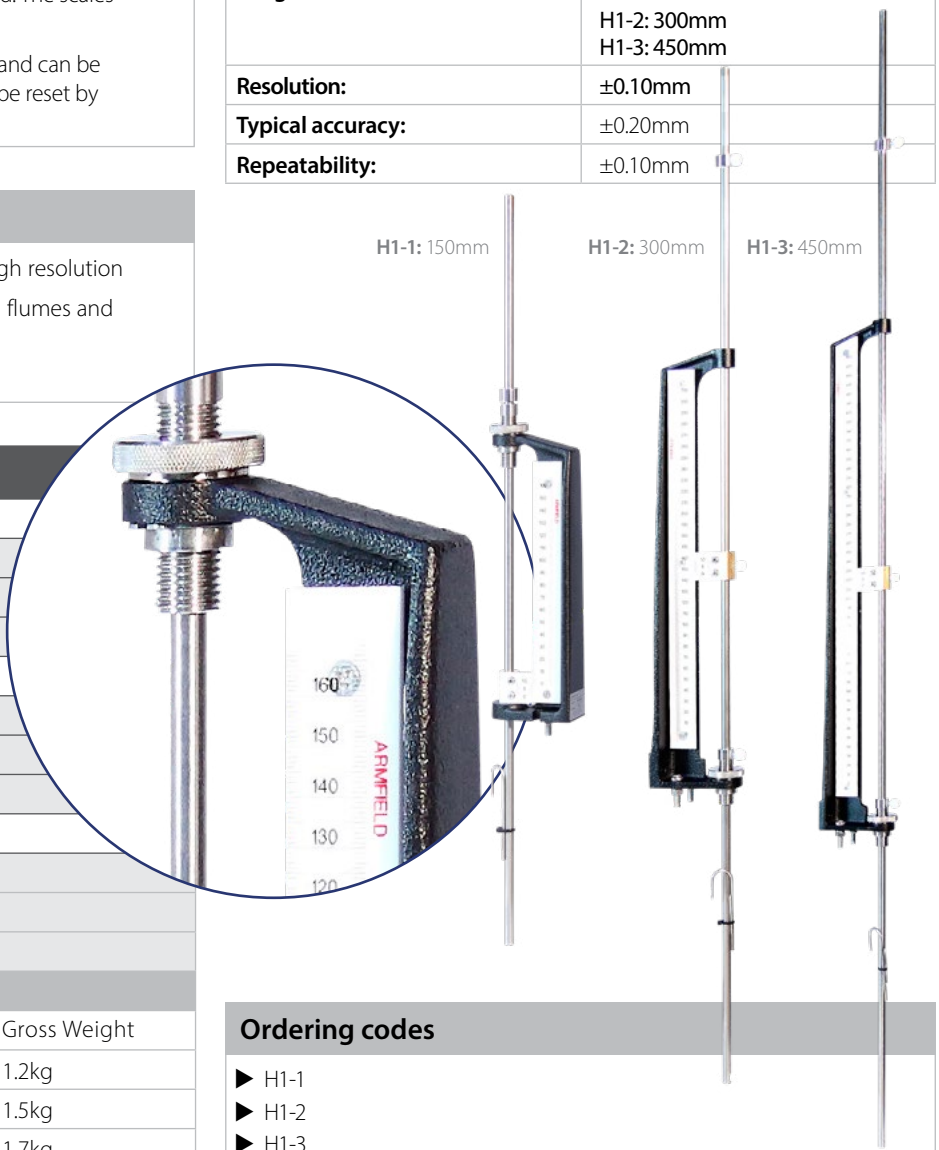
- A rugged low cost gauge for measurement of water surface position to ±0.20mm
- Mounting frame in enamelled cast aluminium
- Gauging rod and adjusting mechanism in bright plated brass
- Supplied complete with stainless steel hook and point

HT1 Accessories

- **H1-11:** Tripod stand

Technical specifications

Ranges:	H1-1: 150mm H1-2: 300mm H1-3: 450mm
Resolution:	±0.10mm
Typical accuracy:	±0.20mm
Repeatability:	±0.10mm



Ordering codes

- H1-1
- H1-2
- H1-3

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Digital Hook & Point Gauges - H1

H1-7 / H1-8 - Digital Hook & Point Gauges

A range of digital hook and point gauges which includes a liquid crystal display which indicates the movement of the gauging rod.

A push button sets the display to zero at any position, allowing the measurement of movement relative to a datum.

Description - Digital Hook & Point Gauges (H1-7, H1-8)

A mounting plate is clamped to a suitable support structure and a flat vertical shaft retained by the gauging unit is free to slide up and down over the water surface.

A steel point or hook is attached to the bottom end of the shaft and is used to locate the water surface.

The gauging unit consists of a liquid crystal electronic display which indicates the movements of the shaft.

A quick-release mechanism permits large changes to be rapidly accommodated, and a screw adjustment is provided for accurate final positioning.

A push button sets the display to zero at any position, so that relative movements compared with a datum can be easily measured.

This gauge is easy to use and minimises potential errors resulting from reading vernier scales.

Ordering Specification

- A direct indicating gauge which eliminates observation errors due to vernier and scale reading.
- Can be set to zero anywhere in the operating range to permit easy relative level checking.
- The liquid crystal display is easy to read and has a resolution of ±0.01mm.
- A push button gives immediate change to inches from millimetres if required.
- A quick-release mechanism permits rapid changes of position.

Overall dimensions

H1-7 (300mm):		
Length	450mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
H1-8 (500mm):		
Length	650mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-7 (300mm):	0.01 m^3	2kg
H1-8 (500mm):	0.02 m^3	2.5kg

Demonstration Capabilities

- Measurement of steady state of water with digital display

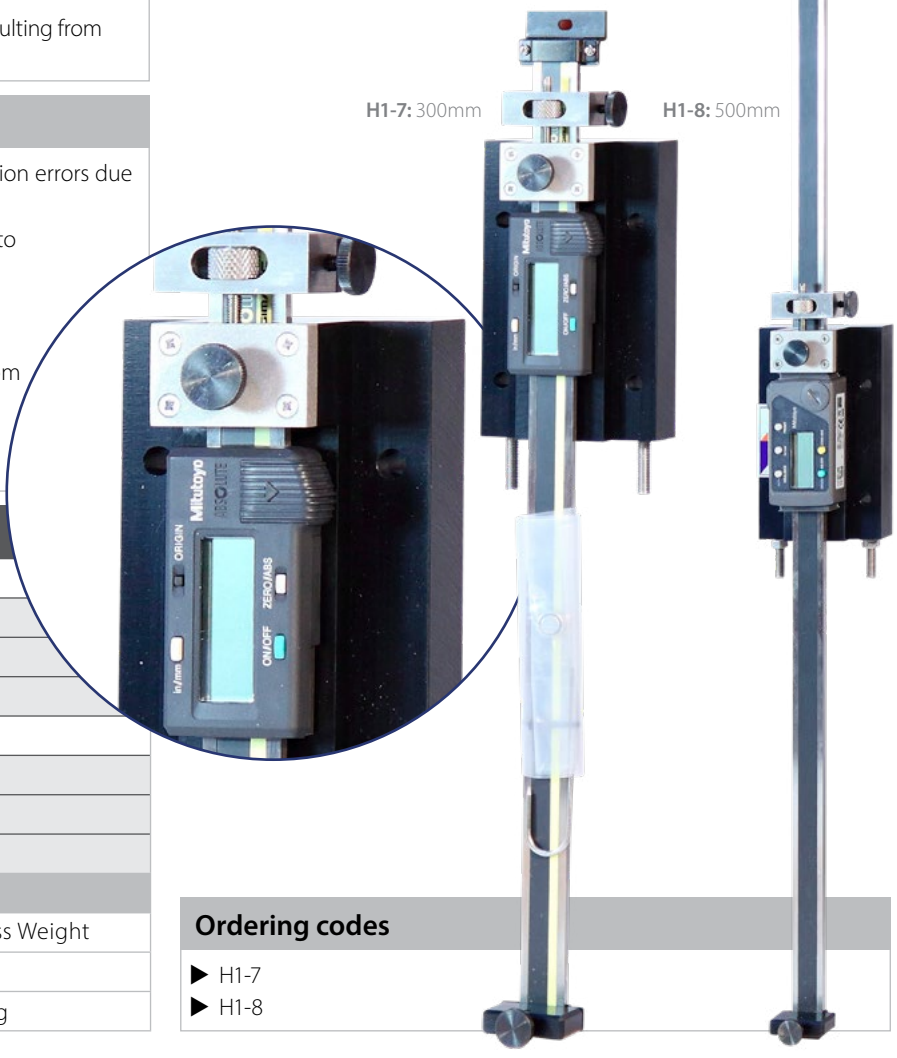
HT1 Accessories

- **H1-11:** Adjustable Tripod stand with mountings

Technical specifications

Ranges:	H1-7: 300mm H1-8: 500mm
Resolution:	±0.01mm
Typical accuracy:	±0.03mm
Repeatability:	±0.01mm
Operating temperature range:	5°C to 40°C

The gauge is powered continuously by a small cell battery with a life in excess of 6 months.
(No 'on/off' switch improves reliability)



Ordering codes

- H1-7
- H1-8

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Tripod Stands - H1-11

HT1-11 - Tripod Stand

A mounting tripod constructed from aluminium alloy is supported on three stainless steel rods secured by thumbscrews.

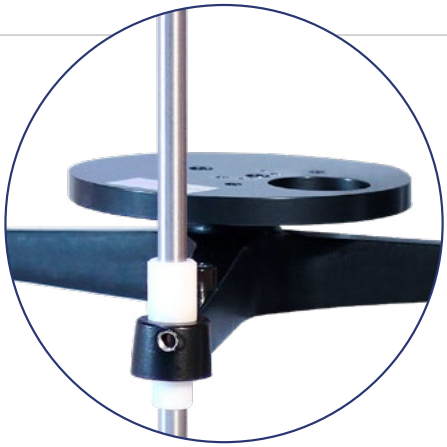
The rods are adjustable allowing the stand to be made level.

Description - Tripod Stand (H1-11)

This stand is suitable for use with vernier type Hook & Point gauges (H1-1, H1-2, H1-3) and the Pitot Tubes (H30). It is essential for the convenient use of the gauges in physical models. Also includes mountings and a clamp plate to make it suitable for other instruments, i.e. the Digital Hook and Point gauges (H1-7, H1-8), the micropropeller used on H32 and Propeller Velocity Flowmeter (H33).

Levelling is assisted by use of a 'Bullseye' spirit level mounted on the top plate.

A carrier plate mounted on the tripod supports the gauge. The whole assembly may be adjusted for height on the support rods.





Technical specifications

Product:	H1-11
Ranges:	500mm (normal)
Diameter of base:	340mm
Overall height:	660mm (without gauge)

Overall dimensions

H1-11:		
Length	340mm	
Width	340mm	
Height	660mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-11:	0.15 m^3	6kg

Ordering codes

▶ H1-11 Adjustable tripod stand with mountings

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Liquid Manometers & Meters - H12

H12-1 / H12-7 - Liquid Manometers

A range of general purpose laboratory manometers using liquid displacement to measure differential pressure.

Description - Liquid Manometers (H12-1 / H12-7)

A range of manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6m H2O. Scales are graduated in 1mm divisions.

H12-1: 1 metre scale differential open water manometer

H12-2: 1 metre scale differential pressurised water manometer (the air space above the tubes can be pressurised with the pump supplied)

H12-3: 1 metre scale differential water over Mercury manometer - Range 12.6m H2O

H12-4: 500mm scale differential water over Mercury manometer - Range 6.3m H2O

H12-5: 500mm scale differential kerosene over water manometer - Range 0.213m H2O

Accessories

H12-6: Free-standing column with height adjustment to take two manometers.

H12-7: Self-sealing and self-bleeding pressure tapping system which allows a pair of pressurised water or mercury manometers to be connected into and disconnected from a number of points around a pumped system.

The equipment consists of ten self-sealing pressure tapping points with 1/4" BSP male threads for fitting into the system and four self-bleeding pressure tapping lines for connection to two differential manometers. Tapping line bleeding is obtained with four in-line vented shut-off valves conveniently mounted on a fixing bracket. The system is supplied complete with a quantity of translucent plastic tubing.

Demonstration Capabilities

- Low cost and easy to use instruments
- Wide range of pressures accommodated using different manometer fluids

Ordering Specification

See description:

NOTE: Due to its hazardous nature and severe shipping restrictions, Mercury is not included in Armfield's scope of supply.

Overall dimensions

See description:

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-1 / H12-7	0.1 m^3	21.5kg



Ordering codes

- H12-1
- H12-2
- H12-3
- H12-4
- H12-5

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-8

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 2000 mBar (0 - 1500mmHg).

This unit is particularly suitable for use in applications where Mercury manometers have traditionally been used. The use of Mercury is not desirable in a laboratory environment due to its hazardous nature.

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 2 Bar differentially and the unit is capable of withstanding 6 Bar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Technical Details

Measuring range:	0 - 2000mBar (0 - 1500mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	1mBar (1mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Maximum overpressure:	6200 mBar (4650 mmHg)
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H12-8	0.005m³	1kg

Ordering Specification

▶	**H12-8**	Basic Portable Pressure Meter



H12-8

Ordering codes

▶ **H12-8**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-9

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 140 mBar(0 - 99.99mmHg).

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 140 mBar differentially and the unit is capable of withstanding 400 mBar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Ordering Specification

▶	**H12-9**	Basic Portable Pressure Meter



H12-9

Technical Details

Measuring range:	0 - 140mBar (0 - 99.99mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	0.1mBar (0.01mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Repeatability:	+/-0.1% of full scale
Maximum overpressure:	400 mBar
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-9	0.005m³	1kg

Ordering codes

▶ **H12-9**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Computer compatible manometer bank - H14/2

H14/2 - Computer Compatible Manometer Bank

The Armfield H14/2 is designed to replace banks of manometers when used in conjunction with a number of Armfield products. Sixteen simultaneous pressure measurements can be displayed on a user supplied computer and the information data logged.

Two modes of operation are available:

Mode 1: 16 general purpose channels (350mm H20), with a common reference, suitable for monitoring both wet and dry systems.

Mode 2: 14 general purpose channels as above, plus 2 differential high sensitivity channels (125mm H20 differential), for accurate measurement of low differential pressures (suitable for dry air only).

Description - H14/2

The pressure monitor points are located on the front panel of the unit, with adapters to allow flexible plastic tubing to be attached. Two different sizes of tubing can be used (2mm and 3mm inside diameter). This tubing connects to the test points on the equipment being monitored.

The manometer system connects to the customer supplied computer using a USB interface. The measured pressures are displayed on the computer screen in both numeric and bar chart format.

Sophisticated software is provided with facilities to:

- Display the data from the 16 channels in real time
- Record data either on operator request, or at constant sampling periods
- Define the data sampling periods to be used
- Record data onto the computer for later retrieval, including the option to record the data in Excel format
- Display tables and graphs of the captured data, with real time updates
- Calibrate and scale the individual measurement channels
- Zero the data channels before taking measurements

Ordering Specification

- Electronic multiple channel pressure measurement system designed to replace liquid manometer banks
- 16 simultaneous measurements displayed on a PC (not supplied)
- Sophisticated software included, for logging, recording and displaying data
- 16 channels of 350mm H20 capacity, or 14 channels of 350mm plus 2 channels of 125mm H20 differential

Technical Details

General purpose channels:	
Range:	0 to 350mm H_20
Repeatability:	0.5mm H_20
Absolute accuracy:	0.5% FSD
Media:	Wet or Dry, non corrosive
High sensitivity channels:	
Range:	0 to 125mm H_20 differential
Repeatability:	0.1mm H_20
Media:	Dry air only

Essential Equipment

Personal computer, with USB interface, running Windows 8 and later.

Requirements

AC mains: Universal input, 100-250V ac, 50-60Hz

Associated Armfield Products

C2: Subsonic Wind Tunnel
F6: Air Flow Studies

H14/2



Overall dimensions

Length	250mm
Width	260mm
Height	113mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H14/2:	0.015m^3	15kg

Ordering codes

- **H14/2**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Pitot Tube - H30

H30-1H / H30-3H - Pitot Tubes

A range of Pitot tubes for the measurement of water velocity in open channels and closed ducts.

Description

Tubes are in stainless steel and mounted on a supporting body with scale. They are supplied with a watertight gland for installation below water level.

In order to measure velocity, the Pitot tubes must be connected to a manometer, such as the Armfield H12-8 or H12-9.

When used with the H12-9, the range is 0 - 5.2m/s. When used with the H12-8 the range is 0 - 19.8m/s

Ordering Specification

- **H30-1H:**
  - 150mm Pitot tube
  - 150mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-2H:**
  - 300mm Pitot tube
  - 300mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-3H:**
  - 450mm Pitot tube
  - 450mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand
H12-8: Portable pressure meters
H12-9: Portable pressure meters





Overall dimensions

See Order Specifications

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H30-1H / H30-2H / H30-3H	0.1m³	5kg

Ordering codes

▶ **H30-1H** ▶ **H30-2H** ▶ **H30-3H**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Propeller Velocity Flowmeter - H33 / H33-10

H33 - Propeller Velocity Flowmeter

Used to measure very low point-velocities in water and other conductive fluids, this flowmeter uses the impedance of a rotating multi-bladed propeller to indicate rotational speed caused by the flowing fluid.

Description - H33

The fine diameter of the sensing head enables the meter to be used in small ducts and channels with an ability to measure fluid velocity as low as 25 mm/sec.

A probe and digital indicator are required in combination to perform measurements but the digital indicator is supplied separately from the probes to allow an appropriate probe to be selected to suit specific applications.

Miniature Propeller Probes (H33-1/H33-2/H33-3)

Each probe consists of a sensing head that is mounted at the end of a slim stainless steel stem. A co-axial connector at the top of the stem allows the probe to be connected to the H33-10 Digital Indicator.

The sensing head consists of a 5-bladed propeller that runs in jewelled bearings. The propeller is able to rotate freely within a protective shrouded cage. An insulated gold electrode terminates 0.1mm from the tip of the rotating blades and detects the change in electrical impedance as each blade passes. As there is no physical contact between the electrode and blade, the propeller can rotate freely and respond to low velocity of the surrounding fluid.

Technical Details H33

Rotor:	11.6 mm diameter, machined plastic (balanced)
Spindle:	Hardened stainless steel with conical ends
Bearings:	Synthetic sapphire vee jewels
Cage:	Nickel plated bronze
Stem:	Stainless steel
Electrical connector:	Co-axial
Weight:	0.20kg
Immersion length:	420mm maximum

Capabilities

- Measurement of velocity in clean conductive fluid within the range 25 to 1500mm/sec (up to 3000mm/sec with the high speed probe)
- Operation in confined spaces with limited intrusive effects
- Suitable for both laboratory and field applications - battery powered (rechargeable) and fully portable
- Measurements are indicated on the digital display and may be connected to a data logger for later analysis

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand with mountings

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H33/1/2/3:	0.1m^3	2kg
H33-10:	0.1m^3	5kg

H33-10 - Digital Indicator

The digital indicator has been developed for use with the miniature propeller probes H33-1/2/3 where laboratory or field measurement of water velocity is required.

Description - H33-10

The digital indicator may be battery powered or mains powered using the standard power adaptor supplied. The power adaptor is intended for world-wide use and has four interchangeable plugs to suit all regions. The unit can operate on 110 Volts or 230 Volts at 50Hz or 60Hz.

When connected to an appropriate probe, the unit will indicate frequency of the pulses from the propeller that can be converted to water velocity using the calibration chart supplied with the probe. The unit can be programmed to read water velocity directly in units of cm/sec by entering a calibration constant for the probe in use (obtained from the chart supplied with each probe). Alternatively the unit can be programmed to count the pulses continuously, allowing averaging of the velocity measurement over a longer (user defined) period.

A 0-5 V DC output allows the unit to be connected to a suitable data logger to provide a permanent record of the variations in water velocity with time. A co-axial lead, 3 metres long, is supplied with the digital indicator for connecting it to any of the miniature propeller probes described above.

Technical Details H33-10

Power:	Four AA rechargeable batteries (supplied)
Battery life:	Typically 300 hrs on full charge
Display:	3-digit liquid crystal
Controls:	On/off switch, sample time switches for 1 & 10 seconds
Input:	Miniature socket for co-axial cable from probe
Output	0-5V DC
Case size:	190 x 136 x 55mm overall Moulded ABS plastic
Weight:	0.55kg with batteries fitted



H33-10 Flow meter shown with probe

Ordering codes

▶ **H33** ▶ **H33-1** ▶ **H33-2** ▶ **H33-3** ▶ **H33-10**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Wave Probe System - H40-MKII

H40-MKII - Wave Probe System

The H40-MKII is suitable for use in:

2D flume: For this configuration, the wave probes are supplied with a mounting block allowing the calibration stem, that is fixed to the wave probe head, to be attached to any vertical surface.

3D wave basin: For basins, The H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod is used for mounting the 600 to 1200 mm wave probes. For shallow water up to 1m depth, a smaller stand to fit 300 mm wave probes is available.

Description - H40-MKII

The H40-MKII Wave Probe Case contains the signal conditioning circuitry for up to eight wave probes and a network connection to allow a computer to configure the probes. If more than eight probes are required to be used at the same time in the physical model then multiple cases can be linked together, so that only one computer is required for configuration.

The input connections for the wave probes are provided using 4mm sockets on one face of the case. The opposite face has connections to allow the device to be directly connected to a computer via an Ethernet cable and to an existing data acquisition system using analogue signal outputs. The unit is powered from an external 24Vdc laptop-style power supply.

The wave probe case is set up using a built-in web page which is accessed from the PC using the network connection. Whilst testing is underway the data acquired by the instrument is also transmitted over the network connection for collection by appropriate software(not supplied by Armfield).

The wave probe operates by measuring the current that flows between two stainless steel wires that are immersed in water. This current is converted to an output voltage that is directly proportional to the immersed depth. Each wave probe case contains the energising and sensing circuits for the operation of eight wave probes and provides an output voltage (0-5V) for all eight channels on a 16-way output connector. In order to avoid polarisation effects at the probe, a high frequency square wave is used to energise the probe.

Adjacent probes are set to different frequencies to allow probes to be used close together without causing any interference. Each wave probe channel contains circuitry designed to compensate for the resistance of the cable that connects the probe to the wave probe unit. Without this compensation, the output of the wave probe monitor would be non-linear.

The probe output voltage is converted to a digital reading using an analogue to digital converter and the readings are batched and transmitted over the network in packets of data at a rate of 100 samples per second. The configuration process allows the user to set the output level for a given initial probe immersion. This enables the user to scale the output, from zero (no water over probe) to maximum output for a desired full scale immersion.

The wave probes comprise two parallel stainless steel rods with a plastic head and foot. The head is fixed to the calibration stem and a mounting block is supplied that allows the calibration stem to be fixed to any vertical surface.

Overall dimensions

Length 250mm / **Width** 100mm / **Height** 40mm

Packed and crated shipping specifications		
H40-MKII	0.1m^3	3kg

Features / benefits

- Extremely linear output
- No hysterisis
- Reliable, proven design, easily calibrated
- Longer distances from the data acquisition PC can be achieved by linking two wave probe cases together
- Suppled with 8 channels as standard
- Data can be logged directly into a computer via the network link

Technical specification (Wave probe case)

Case configuration:	8 channels (wave probes)
Output signals:	EtherNET digital output comms cable network to data acquisition PC 0-5 V via 16-wayIDC connector
Excitation frequency:	3 kHz to 11 kHz
Filter band width:	-3 dB at 2 0Hz
Supply voltage:	220 or 110 V ±10% 40-60 Hz
Trigger function:	+5 V input signal trigger

Technical specification (Wave probe)

Active working range:	300, 600, 900, 1200mm
Probe diameter (300mm):	1.6mm
Probe diameter (600, 900,1200mm):	6.0mm
Probe cable length:	30m (Supplied)

Requirements

1Ph

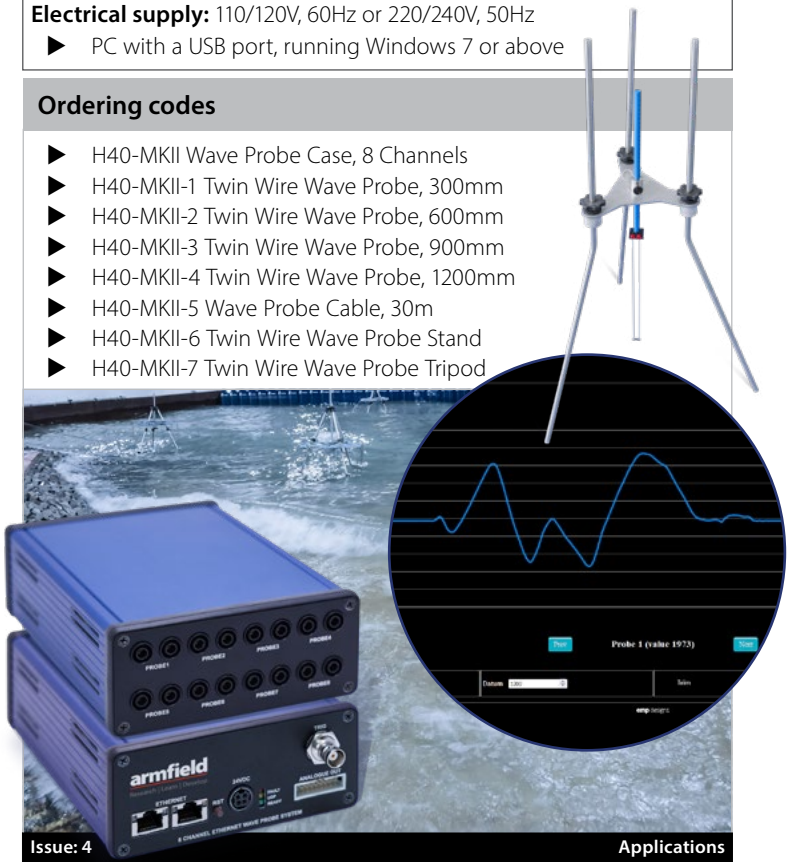
Electrical supply: 110/120V, 60Hz or 220/240V, 50Hz

- PC with a USB port, running Windows 7 or above

Scale

Ordering codes

- H40-MKII Wave Probe Case, 8 Channels
- H40-MKII-1 Twin Wire Wave Probe, 300mm
- H40-MKII-2 Twin Wire Wave Probe, 600mm
- H40-MKII-3 Twin Wire Wave Probe, 900mm
- H40-MKII-4 Twin Wire Wave Probe, 1200mm
- H40-MKII-5 Wave Probe Cable, 30m
- H40-MKII-6 Twin Wire Wave Probe Stand
- H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Laser PIV System - H41

Description

The H41 consists of two main assemblies: the nanoLase light sheet projector and the rtCam camera, with built-in timing synchroniser. The rtCam interfaces to the rtControl software package, which runs on a standard PC under Windows XP (not supplied by Armfield).

The nanoLase consists of a low-power solid-state laser, together with optics to form the beam into a ~3mm thick, 45° wide light sheet. The laser is modulated to produce pairs of pulses, with an adjustable delay (known as Δt) of between 100µs and 5s. Both the pulse separation and pulse width can be set directly from the rtControl software.

The nanoLase and rtCam are arranged orthogonally around the flow to be measured, with the laser being used to illuminate flow-following 'seeding' particles that have been mixed into the water. The system is supplied with 100g of 100µm polyamide particles, which are suitable for the majority of water-based flows. These particles scatter light toward the rtCam, which acquires a pair of images every time the laser emits a pulse pair.

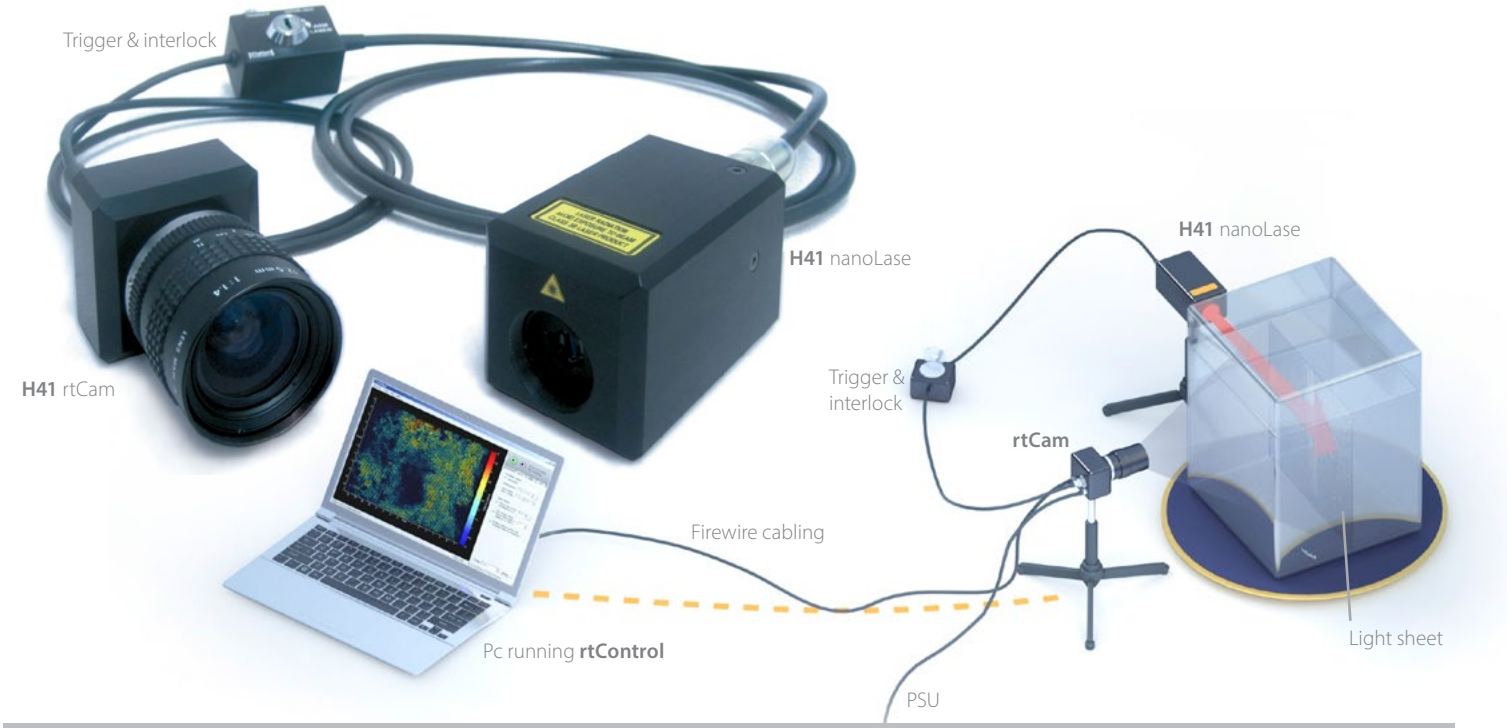
Each pair of particle images are immediately sent to the control PC using a standard FireWire (IEEE 1394) connection. The rtControl software then subdivides the images into 'tiles', which are cross-correlated in order to measure the displacement of the seeding particles in that area.

Because the delay between the images is known, a velocity map can be calculated for the whole of the camera's field of view. While most PIV systems take several minutes to get to this point, rtCam and rtControl can repeat the entire process up to 16 times a second.

In addition to the real-time velocity vector maps, rtControl can calculate and display derived statistical data (such as vorticity or time-averaged velocity) with options to superimpose vectors, scalars, and video on top of each other. Similarly, there are options to record data as either raw images (in BMP format), or as processed vectors or scalars (in AVI movie, CSV spreadsheet, or Matlab® archive format). Previously recorded data sets can be loaded into rtControl for subsequent display and analysis.

Both the rtCam and the nanoLase are fitted with standard mountings suitable for a selection of different mounting mechanisms. The system is supplied with one small desktop tripod; larger tripods and various snake-arm mounts are available as accessories. Also available are purpose-designed mounts designed for use with Armfield flow channels.

The system is provided complete with all cables and packed into an aluminium flight case for safe storage and easy transport.



Features

- The H41 uses particle image velocimetry (PIV) to measure, non-intrusively, fluid velocities at multiple points in a flow, at a rate of up to 16Hz.
- The compact and portable hardware (which uses a safe, non-pulsed Class 3b laser) and extremely easy-to-use software with real-time display, make this an ideal tool for undergraduate teaching and demonstration.
- With its sophisticated multipass processing, the H41 matches the performance of higher power PIV systems costing several times more. It is therefore also an ideal, cost-effective tool for experimental fluid dynamics research.
- The intuitive software provides a wide range of processing, display and recording functions for both velocity and derived statistical data, using a standard PC.

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

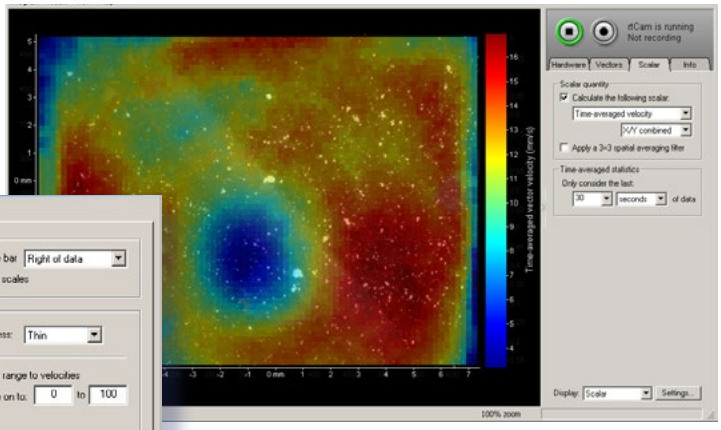
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Technical specifications

Lasers:	▶ Solid-state air-cooled 200mW, 660nm laser diode (Class 3b) ▶ Standard optics produce a ca 3mm thick, 45° light sheet (ca 200mm wide at 250mm) ▶ Interchangeable 20° light sheet optic available (H41-3) ▶ Pulse separation (Δt) of between 100µs and 5s (in steps of 10µs) ▶ Pulse width of between 10µs and 32ms (in steps of 10µs)
Camera:	▶ Super-sensitive VGA CMOS sensor: - 640x480, 6.0µm pixels (1/3" format); - ~50% quantum efficiency at 660nm; - 75-110dB dynamic range; - 4.8 V/lux-sec sensitivity ▶ Trigger input enables image pair acquisition to be synchronised with external events ▶ Accepts standard CS or C-mount lenses (12.5mm f/1.4 lens supplied) ▶ Camera exposure can be linked to the laser's pulsing, thereby enabling operation in a lit room

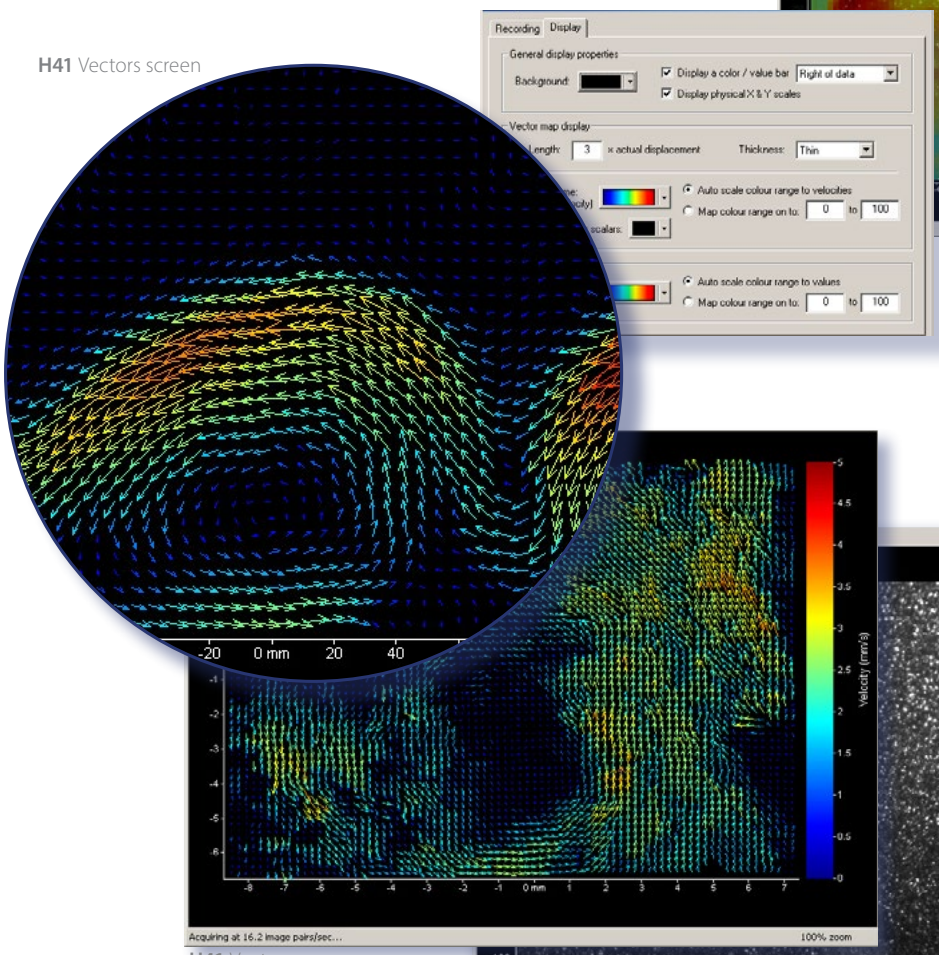
Software processing

- ▶ Data refresh and recording rate up to 16Hz (dependent on the computer speed, the selected acquisition and PIV analysis parameters and the recording taking place)
- ▶ Real-time, or offline, two-component vector calculation
- ▶ Single-pass or adaptive multipass cross-correlation with 8, 12, 16, 24, 32 or 64 pixel window sizes
- ▶ 0% or 50% window overlap (ie maps of up to 19,000 vectors)
- ▶ Optional vector interpolation and filtering based on:
  - User-supplied velocity limits
  - RMS of neighbouring vectors' values
- ▶ Calculation of the following derived scalars:
  - Vector angle and magnitude
  - Vorticity and swirl
  - Time-averaged mean velocity
  - RMS and turbulence intensity
- ▶ Where applicable, vector component and statistical sample number are user-defined

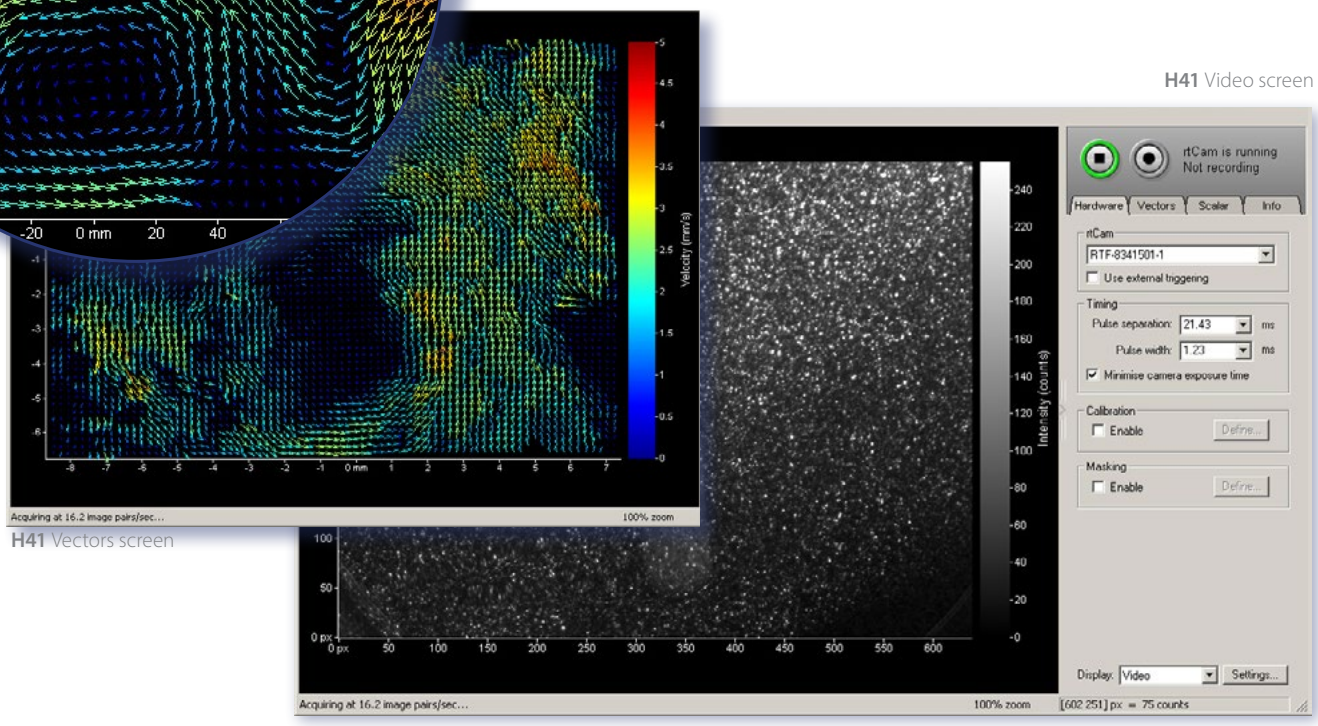


H41 Scalar screen

H41 Vectors screen



H41 Video screen



H41 Vectors screen

Options

- A range of further options are available to suit specific user applications, including:
- Waterproof enclosure for the rtCam, to enable complete submersion in water, eg for use with a large towing tank
- Flashlamps can be supplied in place of the nanoLase, for surface velocimetry measurements
- Higher power versions of the nanoLase are available for measuring larger areas or faster flows
- The rtCam can be supplied with macro or telephoto lenses
- A light-sheet thickness adjuster is available for micro-PIV measurements

Please contact Armfield for further details of these options.

Requirements



Scale



- Electrical supply:
  H41-1-A, H41-2-A: 220-240V/1ph/50Hz
- Voltage Variants:
  H41-1, H41-2: 90-264V, 47-63Hz
- A PC running Windows 98 or above, with a FireWire port. Laptop FireWire ports require a suitable four to six-pin cable.
- It is recommended the PC has at least 2GB RAM with a processing speed of at least 2GHz. The display resolution should be at least 1024x768, true colour.
- The data refresh rate achievable is dependent on the specification of this computer. For example, to achieve 16Hz data refresh and recording rate, a 2.66GHz Intel dual core processor or better is required, and the hard drive must support sustained writes at 9.5 Mb/s.

Overall dimensions

nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.085mm	
Submersible nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.095mm	
rtCam:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.09mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H41-1 / H41-2	0.1 m^3	5kg



Optional accessories

- **H41-3 20° Light sheet Optics for nanoLase**
  The standard 45° light sheet optics can be replaced with item H41-3 in order to produce a narrower 22° fan angle. This can be useful in cases where the nanoLase needs to be placed farther away from the measurement area.
- **H41-5 1.5m tripod for rtCam**
- **H41-6 Snake-arm with magnetic base for nanoLase**
- **H41-7 Snake-arm with G-Clamp base for nanoLase**
- **C4-12 Mounting system for Armfield**
- **C4-MkII flume** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)
- **S16-12 Mounting system for Armfield S16 Hydraulic Flow Demonstrator** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)

Consumables

- **H41-4** Seeding particles suitable for water flows (200g)

Ordering specification

- Particle Image Velocimetry (PIV) system, comprising a laser light sheet projector, a camera system and processing software
- 200mW (Class 3b) 660nm laser, with variable pulse width and pulse spacing
- 45° light sheet optics as standard with optional optics to produce a 20° sheet
- Real-time 2D display of flow velocity vectors updated at up to 16Hz
- Data can be recorded in video (avi), bitmap (bmp), text (csv) and Matlab (mat) formats
- Option of submersible light sheet projector

Ordering details

H41-1 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation

H41-2 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation with submersible nanoLase light sheet projector

Ordering codes

- **H41-1**
- **H41-2**

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

FS SERIES

Fluid Science Cross Flow FS-3.3

The Fluid Science range is an innovative suite of products designed to enable students to gain an understanding of the fundamentals of Fluid Mechanics and Thermo Fluids by the process of learning via hands-on experimentation.

The high precision elements are supplied as modular tray-based systems which operate in conjunction with the Fluid Science service unit, multifunctional work panel and instrumentation enabling the student to conduct their own individual or group experiments.

The experiments are supplied with a highly visual user-friendly operational guide, allowing the students to understand the theory of the subject by the application of practical experimentation.

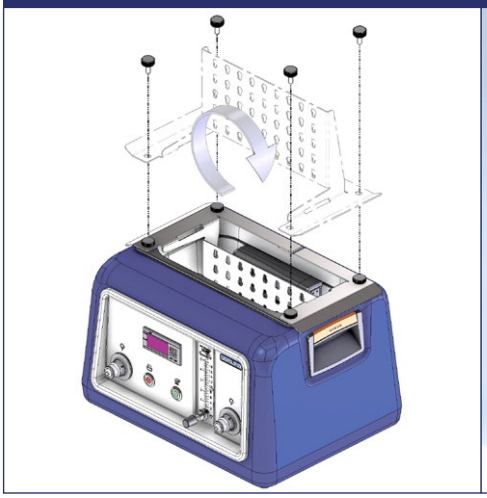
The FS-3.3 Fluid Science Cross Flow Heat Exchanger tray includes experimentation to demonstrate indirect heating or cooling by transfer of heat from hot water to air (fluid to air heat transfer) in a cross flow heat exchanger.

COST EFFECTIVE MOBILE TEACHING SYSTEM DESIGNED TO INTRODUCE THE BASICS OF MANOMETRY

Fluid Science Cross Flow Tray **RFS-3.3**



Back plate is easily stored inside the unit



Configurable as hot or cold water supply



Cross flow heat exchanger fan and sensors



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 1
URL: http://www.armfield.co.uk/FS

Applications: ME ChE CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2023 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Description

The Fluid Science Cross Flow Heat Exchanger tray includes experimentation to demonstrate indirect heating or cooling by transfer of heat from hot water to air (fluid to air heat transfer) in a cross flow heat exchanger.

The tray introduces students to concepts such as heat transfer coefficients, thermal resistances, controlling resistance and heat transfer driving forces. The heat exchanger can be used in a co-current or countercurrent configuration.

Experimental content

- To demonstrate indirect heating or cooling by transfer of heat from hot water to air
- To perform an energy balance across the cross flow heat exchanger
- To calculate the overall heat transfer coefficient for a cross flow heat exchanger
- To investigate the effect of changes in the water flow rate on the temperature efficiencies and overall heat transfer coefficients

Requirements



Scale



Electrical supply:

- 100-240V/1 Phase, 50-60Hz
- Level surface
- FS experiment trays

Initial fill of 5ltrs water. Drain to empty water away once experiment is complete. During use, water supply or drainage are not required.

Technical specifications

- **Tube data**
  Material: Copper
  Tube height 2.1mm OD
  Tube width: 13.3mm OD
  Tube length: 11cm
  Number of tubes: 12 (6 passes)
- **Fin data**
  Material: Copper
  Fin spacing: 1.6mm
  Fin thickness: 0.11mm
  Fin length: 3.72mm
- **Thermocouples: 4xK-Type**
  Water in
  Water out
  Air in
  Air out

Overall dimensions

Dimensions tray	
Length	0.430m
Width	0.312m
Height	0.080m
Dimensions set up (excluding power supply)	
Length	0.300m
Width	0.170m
Height	0.140m
Packed and crated shipping specifications	
Net weight	2.15Kg
Gross weight	TBC

Features

- Fully mobile solution
- Each service unit can be used as either a hot or cold-water supply
- Quick connect couplings for easy connection to experiment modules, self-sealing on supply unit to minimise water loss
- Digital manometer and thermometer provided with service unit
- Low voltage within the supply unit to protect users

Benefits

- Applied student learning via experimentation
- Common service unit can be used for either hot or cold-water supply
- Toolless assembly
- Designed to be highly visual and simple to use
- Quick setup
- Suitable for both classroom, laboratory and mobile environments

Related products

Fluid Science Range

- FS-1.1 Flow Measurement
- FS-1.2 Energy Losses - Straight pipes
- FS-1.3 Energy Losses - Bends
- FS-2.1 Manometer - Inclined
- FS-2.2 Manometer - U tube
- FS-3.1 Heat Exchanger - Shell and tube
- FS-3.2 Heat Exchanger - Tubular
- FS-3.4 Heat Exchanger - Plate
- FS-4.1 Fluidised bed

Essential Accessories / Equipment

One of the range of Fluid Science service trays

FS-2.1: Manometer - Inclined



FS-4.1: Fluidised bed





FS-2.2: Manometer - U tube

FS-3.4: Heat Exchanger - Plate



FS-3.1: Heat Exchanger - Shell and Tube

FS-3.2: Heat Exchanger - Tubular

Ordering codes

FS-SU	FS-3.3

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE

Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

FS SERIES

Fluid Science Shell and Tube Heat Exchanger FS-3.1

The Fluid Science range is an innovative suite of products designed to enable students to gain an understanding of the fundamentals of Fluid Mechanics and Thermo Fluids by the process of learning via hands-on experimentation.

The high precision elements are supplied as modular tray-based systems which operate in conjunction with the Fluid Science service unit, multifunctional work panel and instrumentation enabling the student to conduct their own individual or group experiments.

The experiments are supplied with a highly visual user-friendly operational guide, allowing the students to understand the theory of the subject by the application of practical experimentation.

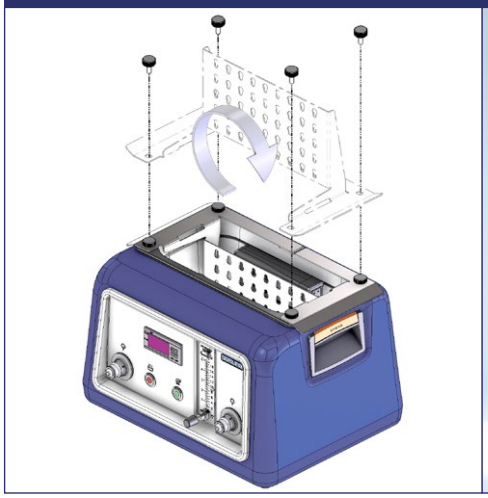
The FS-3.1 Fluid Science Shell and Tube Heat Exchanger tray includes experimentation to demonstrate indirect heating or cooling by transfer of heat from one fluid stream to another when separated by a solid wall (fluid to fluid heat transfer) in a shell and tube heat exchanger.

COST EFFECTIVE MOBILE TEACHING SYSTEM DESIGNED TO INTRODUCE THE BASICS OF HEAT EXCHANGERS



Shell and Tube Heat Exchanger Tray **FS-3.1**

Back plate is easily stored inside the unit



Configurable as hot or cold water supply



Shell and tube heat exchanger



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 1
URL: http://www.armfield.co.uk/fs
Applications
ME ChE CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2023 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Description

The Fluid Science Shell and Tube Heat Exchanger tray includes experimentation to demonstrate indirect heating or cooling by transfer of heat from one fluid stream to another when separated by a solid wall (fluid to fluid heat transfer) in a shell and tube heat exchanger.

The tray introduces students to concepts such as heat transfer coefficients, thermal resistances, controlling resistance and heat transfer driving forces. The heat exchanger can be used in a co-current or countercurrent configuration.

Requirements



Scale



Electrical supply:

- 100-240V/1 Phase, 50-60Hz
- Level surface
- FS experiment trays

Initial fill of 5ltrs water. Drain to empty water away once experiment is complete. During use, water supply or drainage are not required.

Technical specifications

- Outer shell diameter ID: 44mm OD: 50mm.
- Number of Tubes:10
- Tube length: 246mm
- Outside diameter of tubes ¼" / 6.35mm
- Inside diameter of tubes 4.57mm (20 B.W.G tube)
- Tube material: stainless steel 316
- Thermocouples 4 x K-Type
  - Cold water in
  - Cold water out
  - Hot water in
  - Hot water out



FS Series: Products

Overall dimensions

Dimensions tray	
Length	0.430m
Width	0.312m
Height	0.080m
Dimensions set up (excluding power supply)	
Length	0.300m
Width	0.071m
Height	0.185m
Packed and crated shipping specifications	
Net weight	2.10Kg
Gross weight	TBC

Experimental content

- To demonstrate indirect heating or cooling by transfer of heat from one fluid stream to another when separated by a solid wall (fluid to fluid heat transfer)
- To perform an energy balance across a shell and tube heat exchanger
- To calculate the overall efficiency at different fluid flowrates
- To demonstrate the differences between co-current flow (flows in same direction) and countercurrent flow (flows in the opposite direction) and the effect on heat transferred and temperature efficiencies
- To determine the overall heat transfer coefficient for a tubular heat exchanger
- To investigate the effect of changes in hot and cold fluid flowrate on the temperature efficiencies and overall heat transfer coefficient

Features

- Fully mobile solution
- Each service unit can be used as either a hot or cold-water supply
- Quick connect couplings for easy connection to experiment modules, self-sealing on supply unit to minimise water loss
- Digital manometer and thermometer provided with service unit
- Low voltage within the supply unit to protect users

Benefits

- Applied student learning via experimentation
- Common service unit can be used for either hot or cold-water supply
- Toolless assembly
- Designed to be highly visual and simple to use
- Quick setup
- Suitable for both classroom, laboratory and mobile environments

Related products

Fluid Mechanics Range

- FS-1.1 Flow Measurement
- FS-1.2 Energy Losses - Straight pipes
- FS-1.3 Energy Losses - Bends
- FS-2.1 Manometer - Inclined
- FS-2.2 Manometer - U tube
- FS-3.2 Heat Exchanger - Tubular
- FS-3.3 Heat Exchanger - Cross flow
- FS-3.4 Heat Exchanger - Plate
- FS-4.1 Fluidised bed

Essential Accessories / Equipment

FS-SU Fluid Science Service Unit



Ordering codes

FS-SU	FS-3.1

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE

Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

FS SERIES

Fluid Science – Plate Exchanger FS-3.4

The Fluid Science range is an innovative suite of products designed to enable students to gain an understanding of the fundamentals of Fluid Mechanics and Thermo Fluids by the process of learning via hands-on experimentation.

The high precision elements are supplied as modular tray-based systems which operate in conjunction with the Fluid Science service unit, multifunctional work panel and instrumentation enabling the student to conduct their own individual or group experiments.

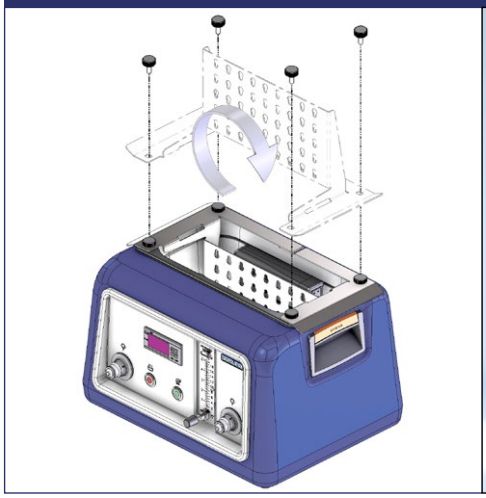
The experiments are supplied with a highly visual user-friendly operational guide, allowing the students to understand the theory of the subject by the application of practical experimentation.

COST EFFECTIVE MOBILE TEACHING SYSTEM DESIGNED TO INTRODUCE THE BASICS OF HEAT EXCHANGE

Plate Heat Exchanger Tray **FS-3.4**



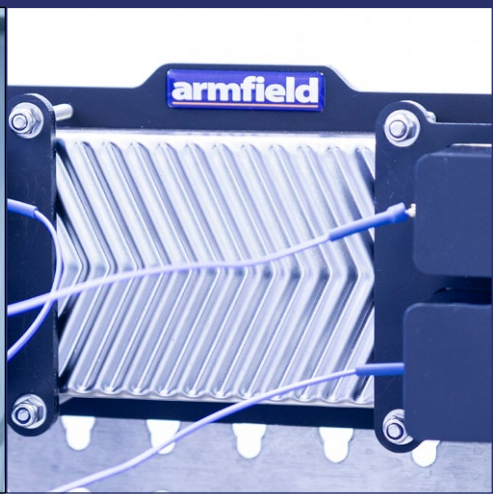
Back plates is easily stored inside the unit



Configurable as hot or cold water supply



Plate heat exchanger



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 1
URL: http://www.armfield.co.uk/fs

Applications: ME ChE CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2023 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Description

The FS-3.4 Fluid Science Plate Heat Exchanger tray includes experimentation to demonstrate indirect heating or cooling by transfer of heat from one fluid stream to another when separated by a solid wall (fluid to fluid heat transfer) in a plate heat exchanger.

The tray introduces students to concepts such as heat transfer coefficients, thermal resistances, controlling resistance and heat transfer driving forces. The heat exchanger can be used in a co-current or countercurrent configuration.

Requirements



Scale



Electrical supply:

- 100-240V/1 Phase, 50-60Hz
- Level surface
- FS experiment trays

Initial fill of 5ltrs water. Drain to empty water away once experiment is complete. During use, water supply or drainage are not required.

Technical specifications

- Number of Plates: 10
- Effective exchange surface 0.012 qm per plate = ca. 0.12qm
- Plate material / connecting piece material: stainless steel AISI 304
- Thermocouples 4 x K-Type
  - Cold water in
  - Cold water out
  - Hot water in
  - Hot water out



FS-3.1: Heat Exchanger (Shell and Tube)

FS-3.3: Cross flow

FS-3.2: Heat Exchanger (Tubular)

Overall dimensions

Dimensions tray	
Length	0.430m
Width	0.312m
Height	0.080m
Dimensions set up (excluding power supply)	
Length	0.260m
Width	0.76m
Height	0.100m
Packed and crated shipping specifications	
Net weight	2.15Kg
Gross weight	TBC

Experimental content

- To demonstrate indirect heating or cooling by transfer of heat from one fluid stream to another when separated by a solid wall (fluid to fluid heat transfer)
- To perform an energy balance across a plate heat exchanger
- To calculate the overall efficiency at different fluid flow rates
- To demonstrate the differences between co-current flow (flows in same direction) and countercurrent flow (flows in the opposite direction) and the effect on the heat transferred and temperature efficiencies
- To determine the overall heat transfer coefficient for a plate heat exchanger

Features

- Fully mobile solution
- Each service unit can be used as either a hot or cold-water supply
- Quick connect couplings for easy connection to experiment modules, self-sealing on supply unit to minimise water loss
- Digital manometer and thermometer provided with service unit
- Low voltage within the supply unit to protect users

Benefits

- Applied student learning via experimentation
- Common service unit can be used for either hot or cold-water supply
- Toolless assembly
- Designed to be highly visual and simple to use
- Quick setup
- Suitable for both classroom, laboratory, and mobile environments

Related products

Fluid Science Range

- FS-1.1 Flow Measurement
- FS-1.2 Energy Losses - Straight pipes
- FS-1.3 Energy Losses - Bends
- FS-2.1 Manometer - Inclined
- FS-2.2 Manometer - U tube
- FS-3.1 Heat Exchanger - Shell and tube
- FS-3.2 Heat Exchanger - Tubular
- FS-3.3 Heat Exchanger - Cross flow
- FS-4.1 Fluidised bed

Essential Accessories / Equipment

FS-SU Fluid Science Service Unit



Ordering codes

FS-SU	FS-3.2

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

FS SERIES

Fluid Science Tubular Exchanger FS-3.2

COST EFFECTIVE MOBILE TEACHING SYSTEM DESIGNED TO INTRODUCE THE BASICS OF HEAT EXCHANGERS

The Fluid Science range is an innovative suite of products designed to enable students to gain an understanding of the fundamentals of Fluid Mechanics and Thermo Fluids by the process of learning via hands-on experimentation.

The high precision elements are supplied as modular tray-based systems which operate in conjunction with the Fluid Science service unit, multifunctional work panel and instrumentation enabling the student to conduct their own individual or group experiments.

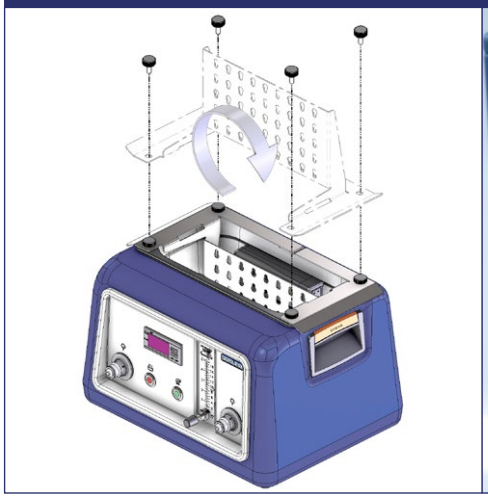
The experiments are supplied with a highly visual user-friendly operational guide, allowing the students to understand the theory of the subject by the application of practical experimentation.

The FS-3.2 Fluid Science Tubular Heat Exchanger tray includes experimentation to demonstrate indirect heating or cooling by transfer of heat from one fluid stream to another when separated by a solid wall (fluid to fluid heat transfer) in a tubular heat exchanger.

Fluid Science Tubular Exchanger Tray **FS-3.2**



Back plate is easily stored inside the unit



Configurable as hot or cold water supply



Supplied with digital manometer and thermometer



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 1
URL: http://www.armfield.co.uk/FS
Applications
ME ChE CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2023 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Description

The Fluid Science Tubular Exchanger tray includes experimentation to demonstrate indirect heating or cooling by transfer of heat from one fluid stream to another when separated by a solid wall (fluid to fluid heat transfer) in a tubular heat exchanger.

The tray introduces students to concepts such as heat transfer coefficients, thermal resistances, controlling resistance and heat transfer driving forces. The heat exchanger can be used in a co-current or countercurrent configuration.

Requirements



Scale



Electrical supply:

- 100-240V/1 Phase, 50-60Hz
- Level surface
- FS experiment trays

Initial fill of 5ltrs water. Drain to empty water away once experiment is complete. During use, water supply or drainage are not required.

Technical specifications

- Inner tube
- Length of tube: 550mm (measured on tube centre line)
- Outer diameter: 10mm
- Wall thickness: 1mm
- Outer diameter: 14mm
- Thermocouples 4 x K-Type
  - Cold water in
  - Cold water out
  - Hot water in
  - Hot water out



FS Series: Products

Overall dimensions

Dimensions tray	
Length	0.430m
Width	0.312m
Height	0.080m
Dimensions set up (excluding power supply)	
Length	0.300m
Width	0.057m
Height	0.185m
Packed and crated shipping specifications	
Net weight	2.17Kg
Gross weight	TBC

Experimental content

- To demonstrate indirect heating or cooling by transfer of heat from one fluid stream to another when separated by a solid wall (fluid to fluid heat transfer).
- To perform an energy balance across a tubular heat exchanger
- To calculate the overall efficiency at different fluid flowrates.
- To demonstrate the differences between co-current flow (flows in same direction) and countercurrent flow (flows in the opposite direction) and the effect on the heat transferred, temperature efficiencies and temperature profiles through a tubular heat exchanger.
- To determine the overall heat transfer coefficient for a tubular heat exchanger using the logarithmic mean temperature difference to perform the calculations (for co-current and countercurrent flow).
- To demonstrate the differences between co-current flow (flows in same direction) and countercurrent flow (flows in the opposite direction) and the effect on heat transferred and temperature efficiencies.
- To investigate the effect of driving force with co-current and countercurrent flow.

Features

- Fully mobile solution
- Each service unit can be used as either a hot or cold-water supply
- Quick connect couplings for easy connection to experiment modules, self-sealing on supply unit to minimise water loss
- Digital manometer and thermometer provided with service unit
- Low voltage within the supply unit to protect users

Benefits

- Applied student learning via experimentation
- Common service unit can be used for either hot or cold-water supply
- Toolless assembly
- Designed to be highly visual and simple to use
- Quick setup
- Suitable for both classroom, laboratory and mobile environments

Related products

Fluid Science Range

- FS-1.1 Flow Measurement
- FS-1.2 Energy Losses - Straight pipes
- FS-1.3 Energy Losses - Bends
- FS-2.1 Manometer - Inclined
- FS-2.2 Manometer - U tube
- FS-3.1 Heat Exchanger - Shell and tube
- FS-3.3 Heat Exchanger - Cross flow
- FS-3.4 Heat Exchanger - Plate
- FS-4.1 Fluidised bed

Essential Accessories / Equipment

FS-SU Fluid Science Service Unit



Ordering codes

FS-SU	FS-3.2

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE

Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

FS SERIES

Fluid Science Manometer – U Tube FS-2.2

The Fluid Science range is an innovative suite of products designed to enable students to gain an understanding of the fundamentals of Fluid Mechanics and Thermo Fluids by the process of learning via hands-on experimentation.

The high precision elements are supplied as modular tray-based systems which operate in conjunction with the Fluid Science service unit, multifunctional work panel and instrumentation enabling the student to conduct their own individual or group experiments.

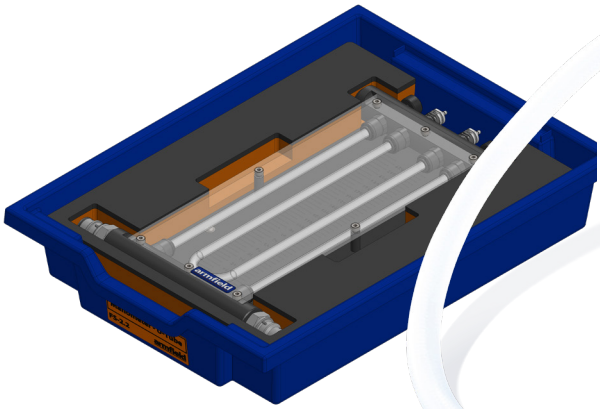
The experiments are supplied with a highly visual user-friendly operational guide, allowing the students to understand the theory of the subject by the application of practical experimentation.

The Fluid Science U-Tube Manometer tray includes experiments to compare the pressure created with varying flow rates against atmospheric pressure for both ends of a straight pipe.

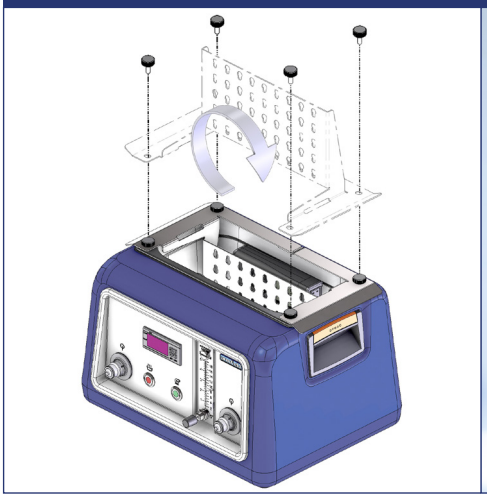
COST EFFECTIVE MOBILE TEACHING SYSTEM DESIGNED TO INTRODUCE THE BASICS OF MANOMETRY



U Tube Manometer Tray **FS-2.2**



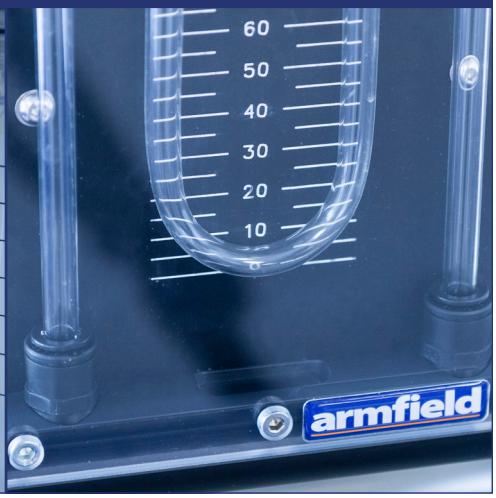
Back plates is easily stored inside the unit



Configurable as hot or cold water supply



Supplied with digital manometer and thermometer



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 1
URL: http://www.armfield.co.uk/fs

Applications: ME ChE CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2023 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Description

The Fluid Science U-Tube Manometer tray includes experiments to compare the pressure created with varying flow rates against atmospheric pressure for both ends of a straight pipe.

It also demonstrates how the differential pressure changes as flow rate changes across a straight pipe.

Requirements



Scale



Electrical supply:

- 100-240V/1 Phase, 50-60Hz
- Level surface
- FS experiment trays

Initial fill of 5ltrs water. Drain to empty water away once experiment is complete. During use, water supply or drainage are not required.

Technical specifications

- Screen printed scale for measuring water height in manometer tubes
- Tube structure acrylic
- Plain vertical tube and inclined tube: 6mm ID
- Stepped tube goes: 6mm ID to 14mm ID to 6mm ID
- Angle of inclination: 15° from vertical



FS-4.1: Fluidised bed



FS-2.1: Manometer - Inclined



FS-3.3: Cross flow



FS-3.1: Heat Exchanger - Shell and Tube



FS-3.4: Heat Exchanger - Plate



FS-3.2: Heat Exchanger - Tubular

Overall dimensions

Dimensions tray	
Length	0.430m
Width	0.312m
Height	0.080m
Dimensions set up (excluding power supply)	
Length	0.250m
Width	0.056m
Height	0.353m
Packed and crated shipping specifications	
Net weight	2.0Kg
Gross weight	TBC

Experimental content

- To demonstrate the behaviour of liquid at rest – a liquid with a free surface finds its own level
- To show that the free surface of a liquid is horizontal and independent of the cross section of the container
- Comparison of pressure created with varying flow rates against atmospheric pressure for both ends of a straight pipe
- Differential pressure changes as flow rate changes across a straight pipe

Features

- Fully mobile solution
- Each service unit can be used as either a hot or cold-water supply
- Quick connect couplings for easy connection to experiment modules, self-sealing on supply unit to minimise water loss
- Digital manometer and thermometer provided with service unit
- Low voltage within the supply unit to protect users

Benefits

- Applied student learning via experimentation
- Common service unit can be used for either hot or cold-water supply
- Toolless assembly
- Designed to be highly visual and simple to use
- Quick setup
- Suitable for both classroom, laboratory and mobile environments

Related products

Fluid Mechanics Range

- FS-1.1 Flow Measurement
- FS-1.2 Energy Losses - Straight pipes
- FS-1.3 Energy Losses - Bends
- FS-2.1 Manometer - Inclined
- FS-3.1 Heat Exchanger - Shell and tube
- FS-3.2 Heat Exchanger - Tubular
- FS-3.3 Heat Exchanger - Cross flow
- FS-3.4 Heat Exchanger - Plate
- FS-4.1 Fluidised bed

Essential Accessories / Equipment

FS-SU



Ordering codes

FS-SU FS-2.2

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE

Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

FS SERIES

Fluid Science Manometer – Inclined FS-2.1

The Fluid Science range is an innovative suite of products designed to enable students to gain an understanding of the fundamentals of Fluid Mechanics and Thermo Fluids by the process of learning via hands-on experimentation.

The high precision elements are supplied as modular tray-based systems which operate in conjunction with the Fluid Science service unit, multifunctional work panel and instrumentation enabling the student to conduct their own individual or group experiments.

The experiments are supplied with a highly visual user-friendly operational guide, allowing the students to understand the theory of the subject by the application of practical experimentation.

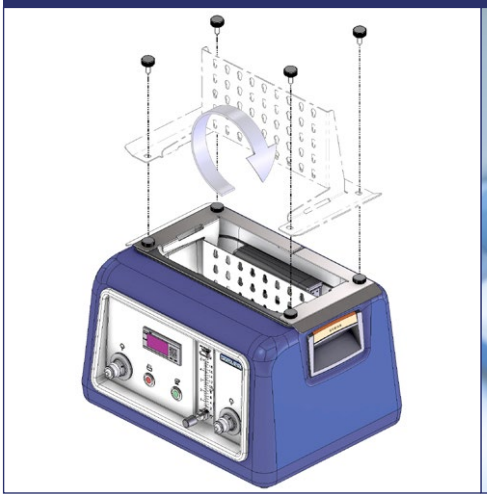
The Fluid Science Inclined Manometer tray includes experiments to measure small pressure differences and the effect of change in manometer inclination.

COST EFFECTIVE MOBILE TEACHING SYSTEM DESIGNED TO INTRODUCE THE BASICS OF MANOMETRY



Inclined Manometer Tray **FS-2.1**

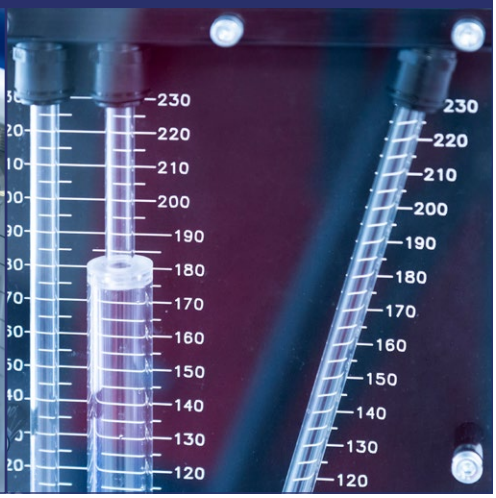
Back plates is easily stored inside the unit



Configurable as hot or cold water supply



Highly visual and easy to read scales



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 1
URL: http://www.armfield.co.uk/FS

Applications: ME ChE CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2023 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Description

The Fluid Science Inclined Manometer tray includes experiments to measure small pressure differences and the effect of change in manometer inclination.
The tray additionally includes a stepped manometer that incorporates changes in cross section to demonstrate that the level of a free surface is not affected by the size or the shape of the tube.

Requirements



Scale



Electrical supply:

- 100-240V/1 Phase, 50-60Hz
- Level surface
- FS experiment trays

Initial fill of 5ltrs water. Drain to empty water away once experiment is complete. During use, water supply or drainage are not required.

Technical specifications

- Screen printed scale for measuring water height in manometer tubes
- Tube structure acrylic
- Plain vertical tube and inclined tube: 6mm ID
- Stepped tube goes: 6mm ID to 14mm ID to 6mm ID
- Angle of inclination: 15° from vertical.



FS Series: Heat transfer and manometers products

Overall dimensions

Dimensions tray	
Length	0.43m
Width	0.312m
Height	0.080m
Dimensions set up (excluding power supply)	
Length	0.385m
Width	0.314m
Height	0.387m
Packed and crated shipping specifications	
Net weight	2.0Kg
Gross weight	TBC

Experimental content

- To demonstrate the behaviour of liquid at rest – a liquid with a free surface finds its own level
- To show that the free surface of a liquid is horizontal and independent of cross section or inclination of the container
- Variation of pressure demonstration with varying flow rates against atmospheric pressure
- Effect of change in manometer inclination

Features

- Fully mobile solution
- Each service unit can be used as either a hot or cold-water supply
- Quick connect couplings for easy connection to experiment modules, self-sealing on supply unit to minimise water loss
- Digital manometer and thermometer provided with service unit
- Low voltage within the supply unit to protect users

Benefits

- Applied student learning via experimentation
- Common service unit can be used for either hot or cold-water supply
- Toolless assembly
- Designed to be highly visual and simple to use
- Quick setup
- Suitable for both classroom, laboratory and mobile environments

Related products

Fluid Science Range

- FS-1.1 Flow Measurement
- FS-1.2 Energy Losses - Straight pipes
- FS-1.3 Energy Losses - Bends
- FS-2.2 Manometer - U tube
- FS-3.1 Heat Exchanger - Shell and tube
- FS-3.2 Heat Exchanger - Tubular
- FS-3.3 Heat Exchanger - Cross flow
- FS-3.4 Heat Exchanger - Plate
- FS-4.1 Fluidised bed

Essential Accessories / Equipment

FS-SU



Ordering codes

FS-SU
FS-2.1

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company
CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

H SERIES

Product List - H1/H12/H14H30/H33/H40/H41

The Armfield **H series** provides a complete range of hydraulics instruments for both teaching and research purposes.

The collection includes Vernier Hook and Point Gauges to measure the steady state water surface position. A selection of easy to use manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6 metres of water.

Pitot tubes designed for measuring the velocity of water in open channels or closed ducts. Propeller Velocity Meter used to measure very low point velocities in water and other conductive fluids. The range additionally introduces students into Particle image Velocimetry (PIV).

H series product list

Vernier hooks, point gauges & stands	
▶ Vernier hooks & point guages	H1-1/H1-2/H1-3
▶ Electronic hook, point gauges & stands	H1-7/H1-8/H1-1
Open water, pressurised, mercury & kerosene manometers	
▶ Open water manometers	H12-1
▶ Pressurised water manometers	H12-2
▶ Mercury manometers	H12-3/H12-4
▶ Kerosene manometers	H12-5
▶ Electronic pressure meters	H12-8/H12-9
Computer compatible manometer bank	
▶ Computer compatible manometer bank	H14/2
Pitot tubes	
▶ Pitot tubes	H30
Propeller velocity flowmeter	
▶ Propeller velocity flowmeter	H33
Wave probe systems & Laser PIV system	
▶ Wave probe systems	H40
▶ Laser PIV system	H41



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Vernier Hook & Point Gauges - H1

H1-1 / H1-3 - Hook & Point Gauges

The measurement of steady state water surface position is frequently needed during hydraulic investigations.

This is done by using a small point or hook manually adjusted to touch the water surface, and a reading is taken of the vertical movement using a scale or vernier.

Description - Vernier Hook & Point Gauges (H1-1, H1-2, H1-3)

A mounting frame is clamped to a suitable support structure and a gauging rod is free to slide up and down over the water surface. A stainless steel hook or point is attached to the bottom end of the rod and is used to locate the water surface.

Gauging is carried out by means of a primary scale attached to the mounting frame and a vernier scale attached to the rod. The scales are in edge contact.

The rod is held in a screwed collar for fine adjustment and can be released for large, rapid changes of position. Zero can be reset by a locking screw positioned on the vernier scale.

Demonstration Capabilities

- Location of air-water surface boundaries with high resolution
- Measurement of slowly changing water levels in flumes and hydraulic models
- Measurement of mechanical deformation

Overall dimensions

H1-1 (150mm):		
Length	265mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-2 (300mm):		
Length	415mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-3 (450mm):		
Length	565mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-1 (150mm):	0.01 m^3	1.2kg
H1-2 (300mm):	0.01 m^3	1.5kg
H1-3 (450mm):	0.01 m^3	1.7kg

Ordering Specification

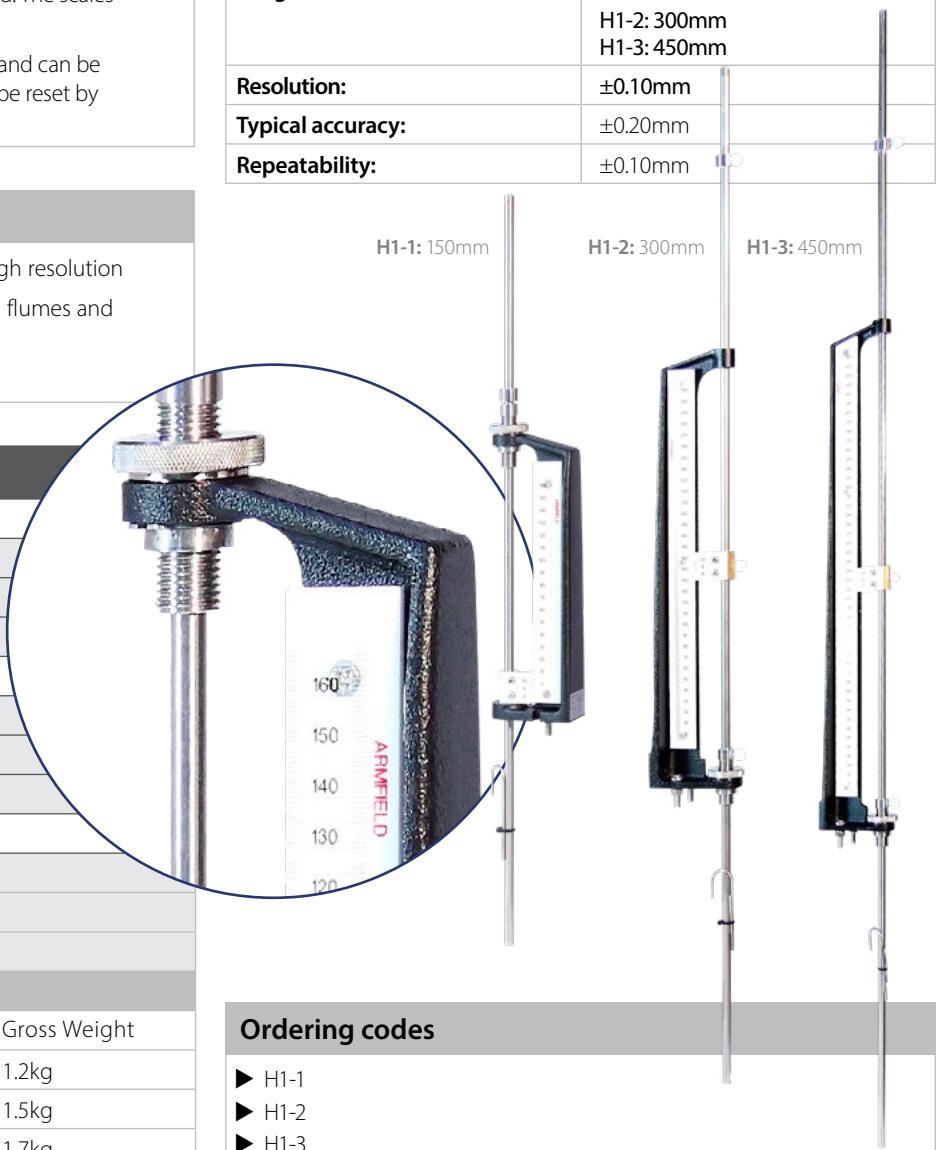
- A rugged low cost gauge for measurement of water surface position to ±0.20mm
- Mounting frame in enamelled cast aluminium
- Gauging rod and adjusting mechanism in bright plated brass
- Supplied complete with stainless steel hook and point

HT1 Accessories

- **H1-11:** Tripod stand

Technical specifications

Ranges:	H1-1: 150mm H1-2: 300mm H1-3: 450mm
Resolution:	±0.10mm
Typical accuracy:	±0.20mm
Repeatability:	±0.10mm



Ordering codes

- H1-1
- H1-2
- H1-3

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Digital Hook & Point Gauges - H1

H1-7 / H1-8 - Digital Hook & Point Gauges

A range of digital hook and point gauges which includes a liquid crystal display which indicates the movement of the gauging rod.

A push button sets the display to zero at any position, allowing the measurement of movement relative to a datum.

Description - Digital Hook & Point Gauges (H1-7, H1-8)

A mounting plate is clamped to a suitable support structure and a flat vertical shaft retained by the gauging unit is free to slide up and down over the water surface.

A steel point or hook is attached to the bottom end of the shaft and is used to locate the water surface.

The gauging unit consists of a liquid crystal electronic display which indicates the movements of the shaft.

A quick-release mechanism permits large changes to be rapidly accommodated, and a screw adjustment is provided for accurate final positioning.

A push button sets the display to zero at any position, so that relative movements compared with a datum can be easily measured.

This gauge is easy to use and minimises potential errors resulting from reading vernier scales.

Ordering Specification

- A direct indicating gauge which eliminates observation errors due to vernier and scale reading.
- Can be set to zero anywhere in the operating range to permit easy relative level checking.
- The liquid crystal display is easy to read and has a resolution of ±0.01mm.
- A push button gives immediate change to inches from millimetres if required.
- A quick-release mechanism permits rapid changes of position.

Overall dimensions

H1-7 (300mm):		
Length	450mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
H1-8 (500mm):		
Length	650mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-7 (300mm):	0.01 m^3	2kg
H1-8 (500mm):	0.02 m^3	2.5kg

Demonstration Capabilities

- Measurement of steady state of water with digital display

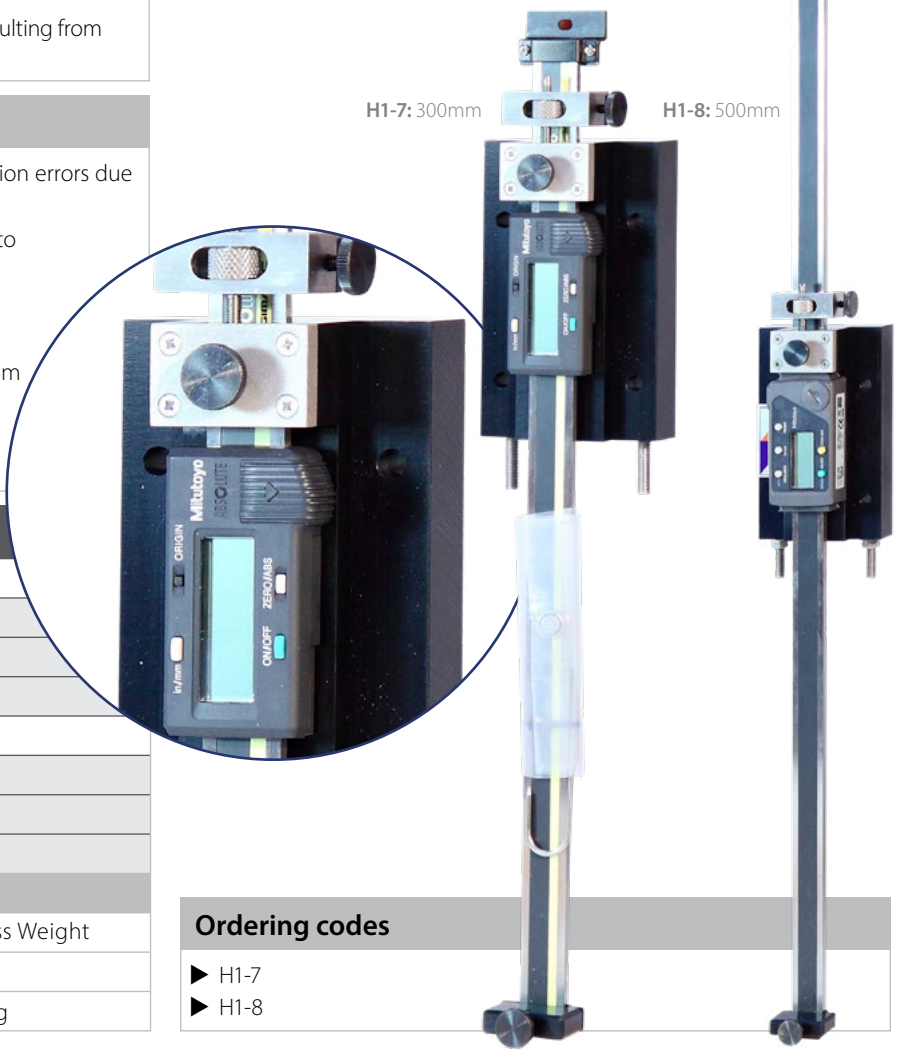
HT1 Accessories

- **H1-11:** Adjustable Tripod stand with mountings

Technical specifications

Ranges:	H1-7: 300mm H1-8: 500mm
Resolution:	±0.01mm
Typical accuracy:	±0.03mm
Repeatability:	±0.01mm
Operating temperature range:	5°C to 40°C

The gauge is powered continuously by a small cell battery with a life in excess of 6 months.
(No 'on/off' switch improves reliability)



Ordering codes

- H1-7
- H1-8

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Tripod Stands - H1-11

HT1-11 - Tripod Stand

A mounting tripod constructed from aluminium alloy is supported on three stainless steel rods secured by thumbscrews.

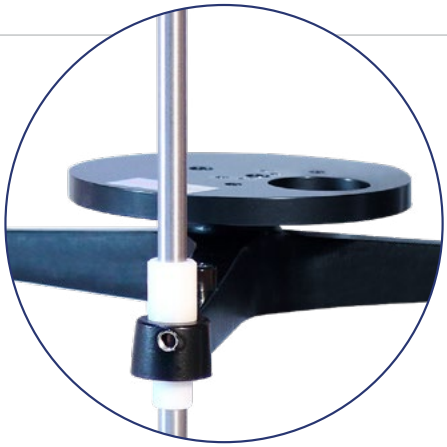
The rods are adjustable allowing the stand to be made level.

Description - Tripod Stand (H1-11)

This stand is suitable for use with vernier type Hook & Point gauges (H1-1, H1-2, H1-3) and the Pitot Tubes (H30). It is essential for the convenient use of the gauges in physical models. Also includes mountings and a clamp plate to make it suitable for other instruments, i.e. the Digital Hook and Point gauges (H1-7, H1-8), the micropropeller used on H32 and Propeller Velocity Flowmeter (H33).

Levelling is assisted by use of a 'Bullseye' spirit level mounted on the top plate.

A carrier plate mounted on the tripod supports the gauge. The whole assembly may be adjusted for height on the support rods.





Technical specifications

Product:	H1-11
Ranges:	500mm (normal)
Diameter of base:	340mm
Overall height:	660mm (without gauge)

Overall dimensions

H1-11:		
Length	340mm	
Width	340mm	
Height	660mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-11:	0.15 m^3	6kg

Ordering codes

▶ H1-11 Adjustable tripod stand with mountings

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Liquid Manometers & Meters - H12

H12-1 / H12-7 - Liquid Manometers

A range of general purpose laboratory manometers using liquid displacement to measure differential pressure.

Description - Liquid Manometers (H12-1 / H12-7)

A range of manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6m H2O. Scales are graduated in 1mm divisions.

H12-1: 1 metre scale differential open water manometer

H12-2: 1 metre scale differential pressurised water manometer (the air space above the tubes can be pressurised with the pump supplied)

H12-3: 1 metre scale differential water over Mercury manometer - Range 12.6m H2O

H12-4: 500mm scale differential water over Mercury manometer - Range 6.3m H2O

H12-5: 500mm scale differential kerosene over water manometer - Range 0.213m H2O

Accessories

H12-6: Free-standing column with height adjustment to take two manometers.

H12-7: Self-sealing and self-bleeding pressure tapping system which allows a pair of pressurised water or mercury manometers to be connected into and disconnected from a number of points around a pumped system.

The equipment consists of ten self-sealing pressure tapping points with 1/4" BSP male threads for fitting into the system and four self-bleeding pressure tapping lines for connection to two differential manometers. Tapping line bleeding is obtained with four in-line vented shut-off valves conveniently mounted on a fixing bracket. The system is supplied complete with a quantity of translucent plastic tubing.

Demonstration Capabilities

- Low cost and easy to use instruments
- Wide range of pressures accommodated using different manometer fluids

Ordering Specification

See description:

NOTE: Due to its hazardous nature and severe shipping restrictions, Mercury is not included in Armfield's scope of supply.

Overall dimensions

See description:

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-1 / H12-7	0.1 m^3	21.5kg



Ordering codes

- H12-1
- H12-2
- H12-3
- H12-4
- H12-5

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-8

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 2000 mBar (0 - 1500mmHg).

This unit is particularly suitable for use in applications where Mercury manometers have traditionally been used. The use of Mercury is not desirable in a laboratory environment due to its hazardous nature.

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 2 Bar differentially and the unit is capable of withstanding 6 Bar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Technical Details

Measuring range:	0 - 2000mBar (0 - 1500mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	1mBar (1mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Maximum overpressure:	6200 mBar (4650 mmHg)
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H12-8	0.005m³	1kg

Ordering Specification

▶	**H12-8**	Basic Portable Pressure Meter



H12-8

Ordering codes

▶ **H12-8**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-9

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 140 mBar(0 - 99.99mmHg).

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 140 mBar differentially and the unit is capable of withstanding 400 mBar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Ordering Specification

▶	**H12-9**	Basic Portable Pressure Meter



H12-9

Technical Details

Measuring range:	0 - 140mBar (0 - 99.99mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	0.1mBar (0.01mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Repeatability:	+/-0.1% of full scale
Maximum overpressure:	400 mBar
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-9	0.005m³	1kg

Ordering codes

▶ **H12-9**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Computer compatible manometer bank - H14/2

H14/2 - Computer Compatible Manometer Bank

The Armfield H14/2 is designed to replace banks of manometers when used in conjunction with a number of Armfield products. Sixteen simultaneous pressure measurements can be displayed on a user supplied computer and the information data logged.

Two modes of operation are available:

Mode 1: 16 general purpose channels (350mm H20), with a common reference, suitable for monitoring both wet and dry systems.

Mode 2: 14 general purpose channels as above, plus 2 differential high sensitivity channels (125mm H20 differential), for accurate measurement of low differential pressures (suitable for dry air only).

Description - H14/2

The pressure monitor points are located on the front panel of the unit, with adapters to allow flexible plastic tubing to be attached. Two different sizes of tubing can be used (2mm and 3mm inside diameter). This tubing connects to the test points on the equipment being monitored.

The manometer system connects to the customer supplied computer using a USB interface. The measured pressures are displayed on the computer screen in both numeric and bar chart format.

Sophisticated software is provided with facilities to:

- Display the data from the 16 channels in real time
- Record data either on operator request, or at constant sampling periods
- Define the data sampling periods to be used
- Record data onto the computer for later retrieval, including the option to record the data in Excel format
- Display tables and graphs of the captured data, with real time updates
- Calibrate and scale the individual measurement channels
- Zero the data channels before taking measurements

Ordering Specification

- Electronic multiple channel pressure measurement system designed to replace liquid manometer banks
- 16 simultaneous measurements displayed on a PC (not supplied)
- Sophisticated software included, for logging, recording and displaying data
- 16 channels of 350mm H20 capacity, or 14 channels of 350mm plus 2 channels of 125mm H20 differential

Technical Details

General purpose channels:	
Range:	0 to 350mm H_20
Repeatability:	0.5mm H_20
Absolute accuracy:	0.5% FSD
Media:	Wet or Dry, non corrosive
High sensitivity channels:	
Range:	0 to 125mm H_20 differential
Repeatability:	0.1mm H_20
Media:	Dry air only

Essential Equipment

Personal computer, with USB interface, running Windows 8 and later.

Requirements

AC mains: Universal input, 100-250V ac, 50-60Hz

Associated Armfield Products

C2: Subsonic Wind Tunnel
F6: Air Flow Studies

H14/2



Overall dimensions

Length	250mm
Width	260mm
Height	113mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H14/2:	0.015m^3	15kg

Ordering codes

- **H14/2**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Pitot Tube - H30

H30-1H / H30-3H - Pitot Tubes

A range of Pitot tubes for the measurement of water velocity in open channels and closed ducts.

Description

Tubes are in stainless steel and mounted on a supporting body with scale. They are supplied with a watertight gland for installation below water level.

In order to measure velocity, the Pitot tubes must be connected to a manometer, such as the Armfield H12-8 or H12-9.

When used with the H12-9, the range is 0 - 5.2m/s. When used with the H12-8 the range is 0 - 19.8m/s

Ordering Specification

- **H30-1H:**
  - 150mm Pitot tube
  - 150mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-2H:**
  - 300mm Pitot tube
  - 300mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-3H:**
  - 450mm Pitot tube
  - 450mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand
H12-8: Portable pressure meters
H12-9: Portable pressure meters





Overall dimensions

See Order Specifications

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H30-1H / H30-2H / H30-3H	0.1m³	5kg

Ordering codes

▶ **H30-1H** ▶ **H30-2H** ▶ **H30-3H**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Propeller Velocity Flowmeter - H33 / H33-10

H33 - Propeller Velocity Flowmeter

Used to measure very low point-velocities in water and other conductive fluids, this flowmeter uses the impedance of a rotating multi-bladed propeller to indicate rotational speed caused by the flowing fluid.

Description - H33

The fine diameter of the sensing head enables the meter to be used in small ducts and channels with an ability to measure fluid velocity as low as 25 mm/sec.

A probe and digital indicator are required in combination to perform measurements but the digital indicator is supplied separately from the probes to allow an appropriate probe to be selected to suit specific applications.

Miniature Propeller Probes (H33-1/H33-2/H33-3)

Each probe consists of a sensing head that is mounted at the end of a slim stainless steel stem. A co-axial connector at the top of the stem allows the probe to be connected to the H33-10 Digital Indicator.

The sensing head consists of a 5-bladed propeller that runs in jewelled bearings. The propeller is able to rotate freely within a protective shrouded cage. An insulated gold electrode terminates 0.1mm from the tip of the rotating blades and detects the change in electrical impedance as each blade passes. As there is no physical contact between the electrode and blade, the propeller can rotate freely and respond to low velocity of the surrounding fluid.

Technical Details H33

Rotor:	11.6 mm diameter, machined plastic (balanced)
Spindle:	Hardened stainless steel with conical ends
Bearings:	Synthetic sapphire vee jewels
Cage:	Nickel plated bronze
Stem:	Stainless steel
Electrical connector:	Co-axial
Weight:	0.20kg
Immersion length:	420mm maximum

Capabilities

- Measurement of velocity in clean conductive fluid within the range 25 to 1500mm/sec (up to 3000mm/sec with the high speed probe)
- Operation in confined spaces with limited intrusive effects
- Suitable for both laboratory and field applications - battery powered (rechargeable) and fully portable
- Measurements are indicated on the digital display and may be connected to a data logger for later analysis

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand with mountings

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H33/1/2/3:	0.1m^3	2kg
H33-10:	0.1m^3	5kg

H33-10 - Digital Indicator

The digital indicator has been developed for use with the miniature propeller probes H33-1/2/3 where laboratory or field measurement of water velocity is required.

Description - H33-10

The digital indicator may be battery powered or mains powered using the standard power adaptor supplied. The power adaptor is intended for world-wide use and has four interchangeable plugs to suit all regions. The unit can operate on 110 Volts or 230 Volts at 50Hz or 60Hz.

When connected to an appropriate probe, the unit will indicate frequency of the pulses from the propeller that can be converted to water velocity using the calibration chart supplied with the probe. The unit can be programmed to read water velocity directly in units of cm/sec by entering a calibration constant for the probe in use (obtained from the chart supplied with each probe). Alternatively the unit can be programmed to count the pulses continuously, allowing averaging of the velocity measurement over a longer (user defined) period.

A 0-5 V DC output allows the unit to be connected to a suitable data logger to provide a permanent record of the variations in water velocity with time. A co-axial lead, 3 metres long, is supplied with the digital indicator for connecting it to any of the miniature propeller probes described above.

Technical Details H33-10

Power:	Four AA rechargeable batteries (supplied)
Battery life:	Typically 300 hrs on full charge
Display:	3-digit liquid crystal
Controls:	On/off switch, sample time switches for 1 & 10 seconds
Input:	Miniature socket for co-axial cable from probe
Output	0-5V DC
Case size:	190 x 136 x 55mm overall Moulded ABS plastic
Weight:	0.55kg with batteries fitted



H33-10 Flow meter shown with probe

Ordering codes

▶ **H33** ▶ **H33-1** ▶ **H33-2** ▶ **H33-3** ▶ **H33-10**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Wave Probe System - H40-MKII

H40-MKII - Wave Probe System

The H40-MKII is suitable for use in:

2D flume: For this configuration, the wave probes are supplied with a mounting block allowing the calibration stem, that is fixed to the wave probe head, to be attached to any vertical surface.

3D wave basin: For basins, The H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod is used for mounting the 600 to 1200 mm wave probes. For shallow water up to 1m depth, a smaller stand to fit 300 mm wave probes is available.

Description - H40-MKII

The H40-MKII Wave Probe Case contains the signal conditioning circuitry for up to eight wave probes and a network connection to allow a computer to configure the probes. If more than eight probes are required to be used at the same time in the physical model then multiple cases can be linked together, so that only one computer is required for configuration.

The input connections for the wave probes are provided using 4mm sockets on one face of the case. The opposite face has connections to allow the device to be directly connected to a computer via an Ethernet cable and to an existing data acquisition system using analogue signal outputs. The unit is powered from an external 24Vdc laptop-style power supply.

The wave probe case is set up using a built-in web page which is accessed from the PC using the network connection. Whilst testing is underway the data acquired by the instrument is also transmitted over the network connection for collection by appropriate software(not supplied by Armfield).

The wave probe operates by measuring the current that flows between two stainless steel wires that are immersed in water. This current is converted to an output voltage that is directly proportional to the immersed depth. Each wave probe case contains the energising and sensing circuits for the operation of eight wave probes and provides an output voltage (0-5V) for all eight channels on a 16-way output connector. In order to avoid polarisation effects at the probe, a high frequency square wave is used to energise the probe.

Adjacent probes are set to different frequencies to allow probes to be used close together without causing any interference. Each wave probe channel contains circuitry designed to compensate for the resistance of the cable that connects the probe to the wave probe unit. Without this compensation, the output of the wave probe monitor would be non-linear.

The probe output voltage is converted to a digital reading using an analogue to digital converter and the readings are batched and transmitted over the network in packets of data at a rate of 100 samples per second. The configuration process allows the user to set the output level for a given initial probe immersion. This enables the user to scale the output, from zero (no water over probe) to maximum output for a desired full scale immersion.

The wave probes comprise two parallel stainless steel rods with a plastic head and foot. The head is fixed to the calibration stem and a mounting block is supplied that allows the calibration stem to be fixed to any vertical surface.

Overall dimensions

Length 250mm / **Width** 100mm / **Height** 40mm

Packed and crated shipping specifications		
H40-MKII	0.1m^3	3kg

Features / benefits

- Extremely linear output
- No hysterisis
- Reliable, proven design, easily calibrated
- Longer distances from the data acquisition PC can be achieved by linking two wave probe cases together
- Suppled with 8 channels as standard
- Data can be logged directly into a computer via the network link

Technical specification (Wave probe case)

Case configuration:	8 channels (wave probes)
Output signals:	EtherNET digital output comms cable network to data acquisition PC 0-5 V via 16-wayIDC connector
Excitation frequency:	3 kHz to 11 kHz
Filter band width:	-3 dB at 2 0Hz
Supply voltage:	220 or 110 V ±10% 40-60 Hz
Trigger function:	+5 V input signal trigger

Technical specification (Wave probe)

Active working range:	300, 600, 900, 1200mm
Probe diameter (300mm):	1.6mm
Probe diameter (600, 900,1200mm):	6.0mm
Probe cable length:	30m (Supplied)

Requirements

1Ph

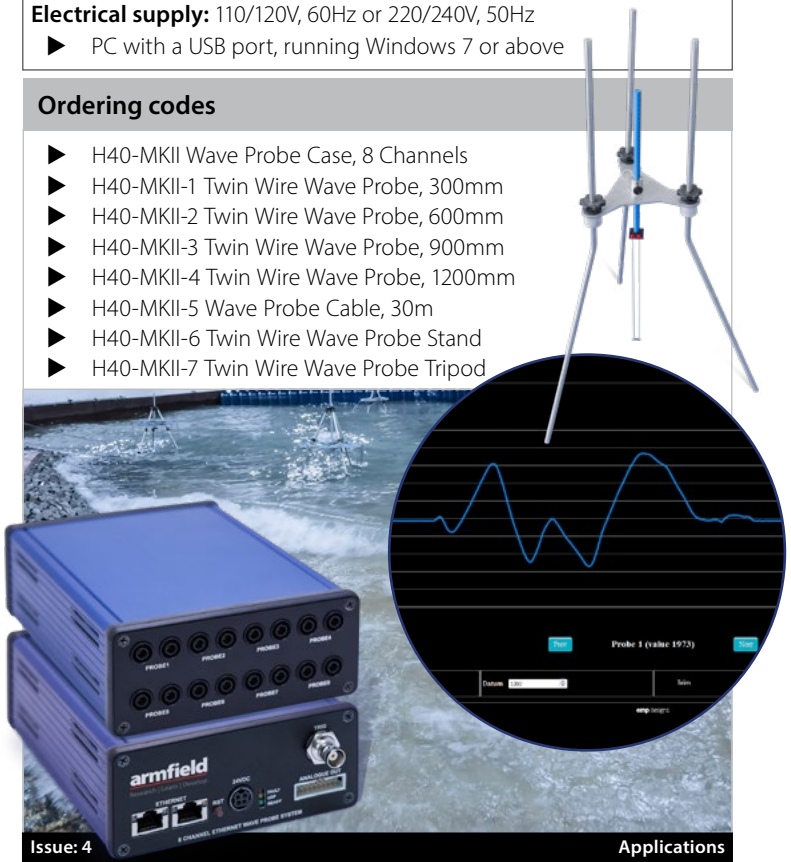
Electrical supply: 110/120V, 60Hz or 220/240V, 50Hz

- PC with a USB port, running Windows 7 or above

Scale

Ordering codes

- H40-MKII Wave Probe Case, 8 Channels
- H40-MKII-1 Twin Wire Wave Probe, 300mm
- H40-MKII-2 Twin Wire Wave Probe, 600mm
- H40-MKII-3 Twin Wire Wave Probe, 900mm
- H40-MKII-4 Twin Wire Wave Probe, 1200mm
- H40-MKII-5 Wave Probe Cable, 30m
- H40-MKII-6 Twin Wire Wave Probe Stand
- H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Laser PIV System - H41

Description

The H41 consists of two main assemblies: the nanoLase light sheet projector and the rtCam camera, with built-in timing synchroniser. The rtCam interfaces to the rtControl software package, which runs on a standard PC under Windows XP (not supplied by Armfield).

The nanoLase consists of a low-power solid-state laser, together with optics to form the beam into a ~3mm thick, 45° wide light sheet. The laser is modulated to produce pairs of pulses, with an adjustable delay (known as Δt) of between 100µs and 5s. Both the pulse separation and pulse width can be set directly from the rtControl software.

The nanoLase and rtCam are arranged orthogonally around the flow to be measured, with the laser being used to illuminate flow-following 'seeding' particles that have been mixed into the water. The system is supplied with 100g of 100µm polyamide particles, which are suitable for the majority of water-based flows. These particles scatter light toward the rtCam, which acquires a pair of images every time the laser emits a pulse pair.

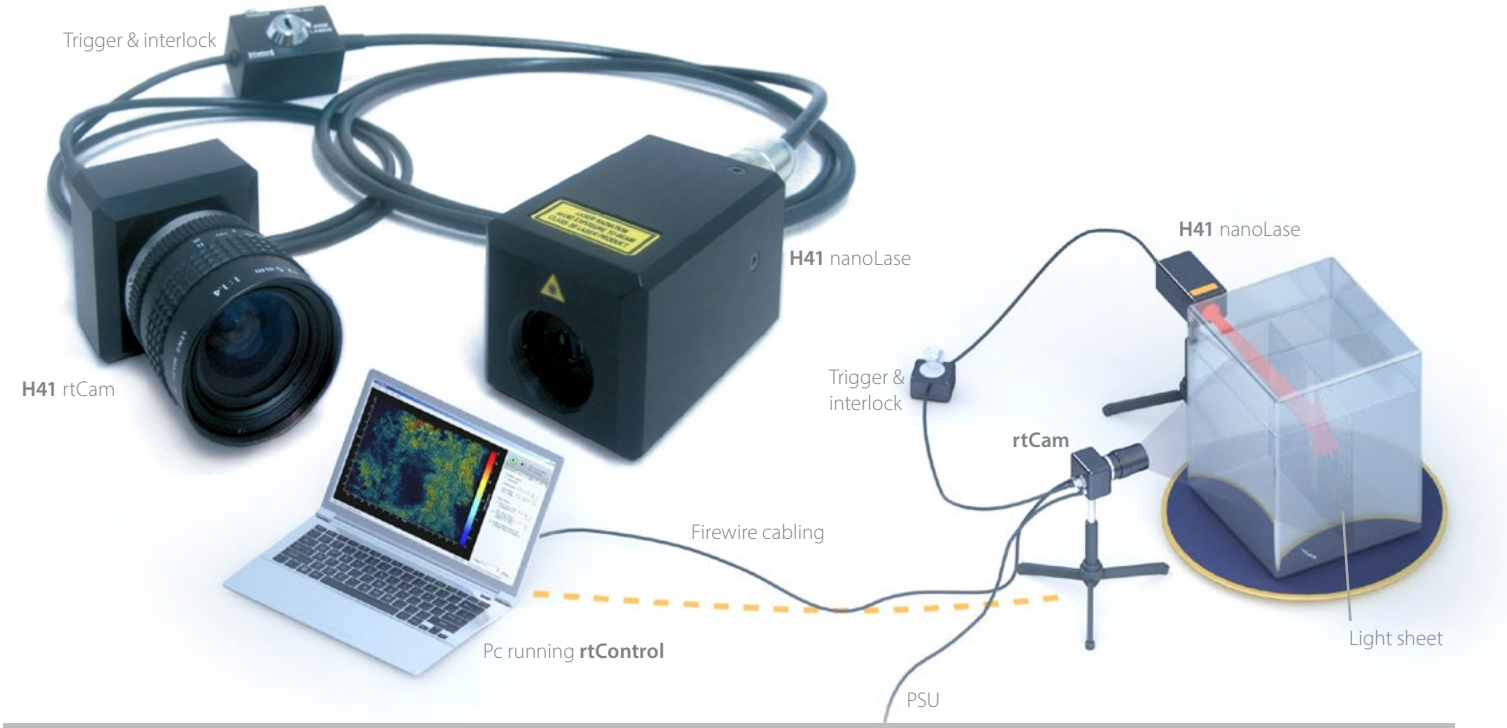
Each pair of particle images are immediately sent to the control PC using a standard FireWire (IEEE 1394) connection. The rtControl software then subdivides the images into 'tiles', which are cross-correlated in order to measure the displacement of the seeding particles in that area.

Because the delay between the images is known, a velocity map can be calculated for the whole of the camera's field of view. While most PIV systems take several minutes to get to this point, rtCam and rtControl can repeat the entire process up to 16 times a second.

In addition to the real-time velocity vector maps, rtControl can calculate and display derived statistical data (such as vorticity or time-averaged velocity) with options to superimpose vectors, scalars, and video on top of each other. Similarly, there are options to record data as either raw images (in BMP format), or as processed vectors or scalars (in AVI movie, CSV spreadsheet, or Matlab® archive format). Previously recorded data sets can be loaded into rtControl for subsequent display and analysis.

Both the rtCam and the nanoLase are fitted with standard mountings suitable for a selection of different mounting mechanisms. The system is supplied with one small desktop tripod; larger tripods and various snake-arm mounts are available as accessories. Also available are purpose-designed mounts designed for use with Armfield flow channels.

The system is provided complete with all cables and packed into an aluminium flight case for safe storage and easy transport.



Features

- The H41 uses particle image velocimetry (PIV) to measure, non-intrusively, fluid velocities at multiple points in a flow, at a rate of up to 16Hz.
- The compact and portable hardware (which uses a safe, non-pulsed Class 3b laser) and extremely easy-to-use software with real-time display, make this an ideal tool for undergraduate teaching and demonstration.
- With its sophisticated multipass processing, the H41 matches the performance of higher power PIV systems costing several times more. It is therefore also an ideal, cost-effective tool for experimental fluid dynamics research.
- The intuitive software provides a wide range of processing, display and recording functions for both velocity and derived statistical data, using a standard PC.

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

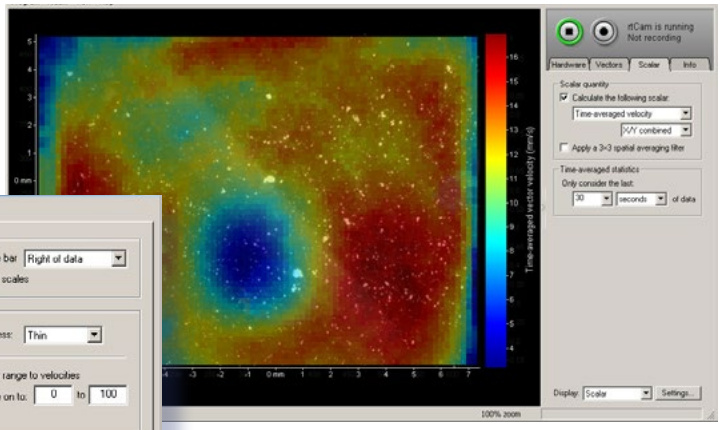
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Technical specifications

Lasers:	▶ Solid-state air-cooled 200mW, 660nm laser diode (Class 3b) ▶ Standard optics produce a ca 3mm thick, 45° light sheet (ca 200mm wide at 250mm) ▶ Interchangeable 20° light sheet optic available (H41-3) ▶ Pulse separation (Δt) of between 100µs and 5s (in steps of 10µs) ▶ Pulse width of between 10µs and 32ms (in steps of 10µs)
Camera:	▶ Super-sensitive VGA CMOS sensor: - 640x480, 6.0µm pixels (1/3" format); - ~50% quantum efficiency at 660nm; - 75-110dB dynamic range; - 4.8 V/lux-sec sensitivity ▶ Trigger input enables image pair acquisition to be synchronised with external events ▶ Accepts standard CS or C-mount lenses (12.5mm f/1.4 lens supplied) ▶ Camera exposure can be linked to the laser's pulsing, thereby enabling operation in a lit room

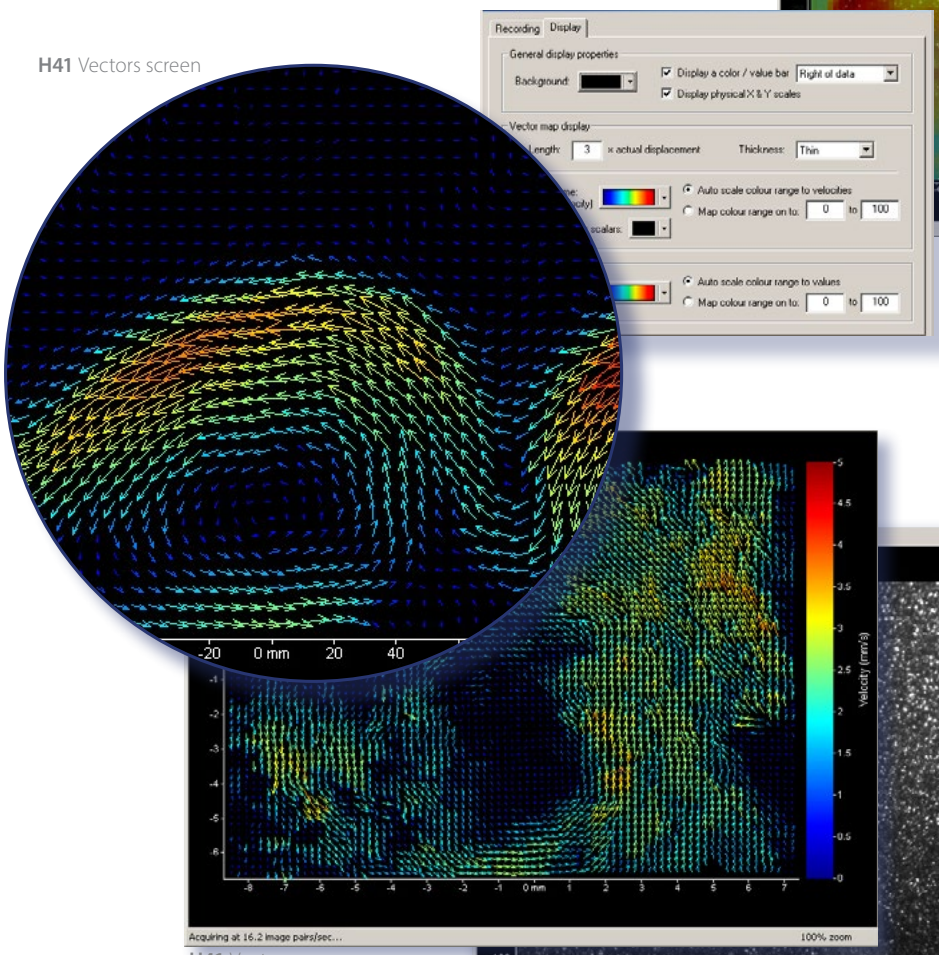
Software processing

- ▶ Data refresh and recording rate up to 16Hz (dependent on the computer speed, the selected acquisition and PIV analysis parameters and the recording taking place)
- ▶ Real-time, or offline, two-component vector calculation
- ▶ Single-pass or adaptive multipass cross-correlation with 8, 12, 16, 24, 32 or 64 pixel window sizes
- ▶ 0% or 50% window overlap (ie maps of up to 19,000 vectors)
- ▶ Optional vector interpolation and filtering based on:
  - User-supplied velocity limits
  - RMS of neighbouring vectors' values
- ▶ Calculation of the following derived scalars:
  - Vector angle and magnitude
  - Vorticity and swirl
  - Time-averaged mean velocity
  - RMS and turbulence intensity
- ▶ Where applicable, vector component and statistical sample number are user-defined

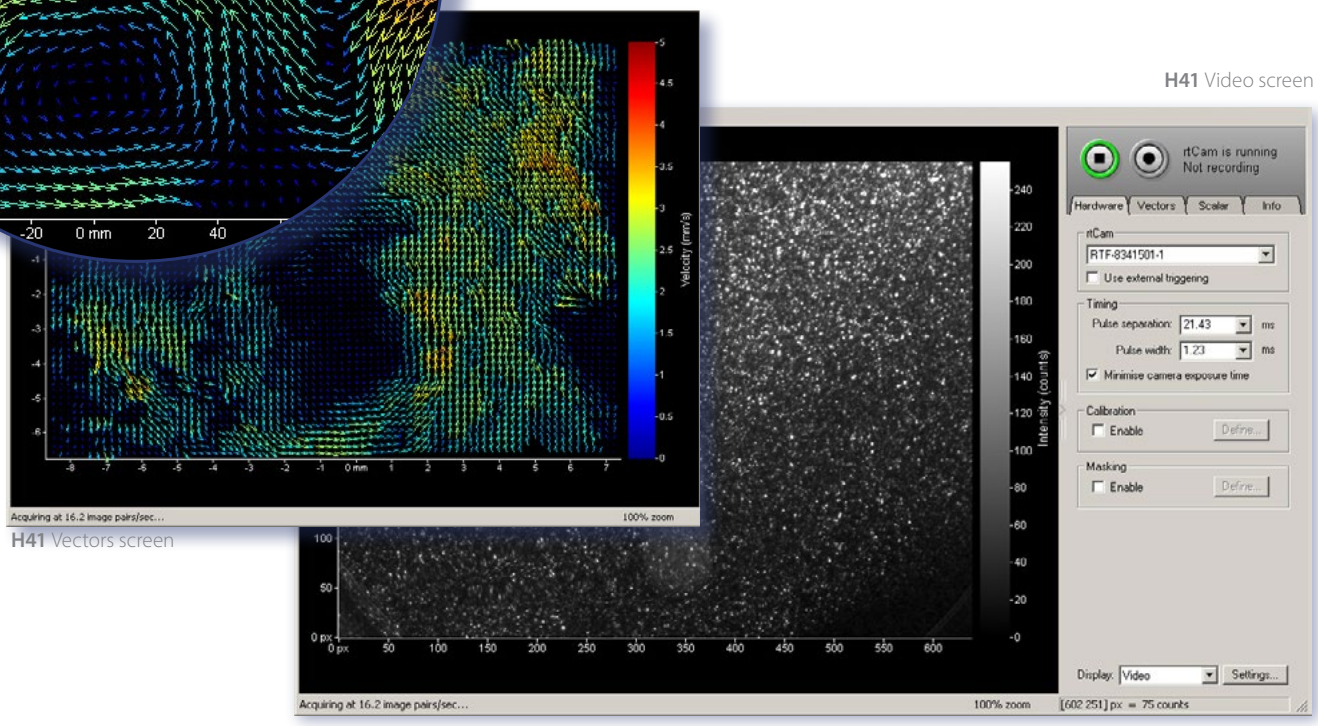


H41 Scalar screen

H41 Vectors screen



H41 Video screen



H41 Vectors screen

Options

- A range of further options are available to suit specific user applications, including:
- Waterproof enclosure for the rtCam, to enable complete submersion in water, eg for use with a large towing tank
- Flashlamps can be supplied in place of the nanoLase, for surface velocimetry measurements
- Higher power versions of the nanoLase are available for measuring larger areas or faster flows
- The rtCam can be supplied with macro or telephoto lenses
- A light-sheet thickness adjuster is available for micro-PIV measurements

Please contact Armfield for further details of these options.

Requirements



Scale



- Electrical supply:
  H41-1-A, H41-2-A: 220-240V/1ph/50Hz
- Voltage Variants:
  H41-1, H41-2: 90-264V, 47-63Hz
- A PC running Windows 98 or above, with a FireWire port. Laptop FireWire ports require a suitable four to six-pin cable.
- It is recommended the PC has at least 2GB RAM with a processing speed of at least 2GHz. The display resolution should be at least 1024x768, true colour.
- The data refresh rate achievable is dependent on the specification of this computer. For example, to achieve 16Hz data refresh and recording rate, a 2.66GHz Intel dual core processor or better is required, and the hard drive must support sustained writes at 9.5 Mb/s.

Overall dimensions

nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.085mm	
Submersible nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.095mm	
rtCam:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.09mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H41-1 / H41-2	0.1 m^3	5kg



Optional accessories

- **H41-3 20° Light sheet Optics for nanoLase**
  The standard 45° light sheet optics can be replaced with item H41-3 in order to produce a narrower 22° fan angle. This can be useful in cases where the nanoLase needs to be placed farther away from the measurement area.
- **H41-5 1.5m tripod for rtCam**
- **H41-6 Snake-arm with magnetic base for nanoLase**
- **H41-7 Snake-arm with G-Clamp base for nanoLase**
- **C4-12 Mounting system for Armfield**
- **C4-MkII flume** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)
- **S16-12 Mounting system for Armfield S16 Hydraulic Flow Demonstrator** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)

Consumables

- **H41-4** Seeding particles suitable for water flows (200g)

Ordering specification

- Particle Image Velocimetry (PIV) system, comprising a laser light sheet projector, a camera system and processing software
- 200mW (Class 3b) 660nm laser, with variable pulse width and pulse spacing
- 45° light sheet optics as standard with optional optics to produce a 20° sheet
- Real-time 2D display of flow velocity vectors updated at up to 16Hz
- Data can be recorded in video (avi), bitmap (bmp), text (csv) and Matlab (mat) formats
- Option of submersible light sheet projector

Ordering details

H41-1 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation

H41-2 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation with submersible nanoLase light sheet projector

Ordering codes

- **H41-1**
- **H41-2**

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

FS SERIES

Fluid Science Flow Measurement FS-1.1

The Fluid Science range is an innovative suite of products designed to enable students to gain an understanding of the fundamentals of Fluid Mechanics and Thermo Fluids by the process of learning via hands-on experimentation.

The high precision elements are supplied as modular tray-based systems which operate in conjunction with the Fluid Science service unit.

(FS-SU) with multifunctional work panel and instrumentation enabling the student to conduct their individual or group experiments.

The experiments are supplied with a user-friendly: highly visual operational guide, allowing the students to understand the theory of the subject by the application of practical experimentation.

COMPACT HIGH PRECISION COMPARISON OF FLOW METERS
DESIGNED TO BE HIGHLY VISUAL AND SIMPLE TO USE
QUICK SETUP
SUITABLE FOR BOTH CLASSROOM AND LABORATORY ENVIRONMENT

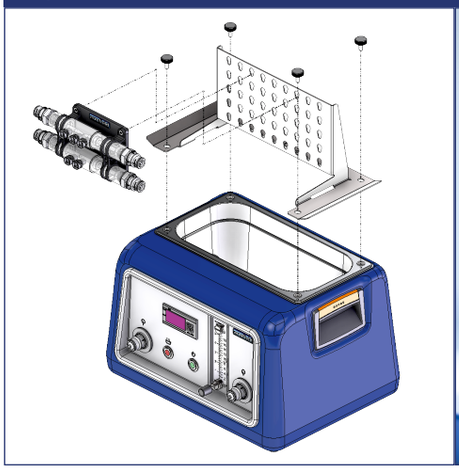
The Fluid Science Flow Meter Tray includes experiments used to demonstrate flow measurement and the relationship between velocity and pressure drop.

Flow Meter Tray **FS-1.1**



Base Unit supplied separately

Easy to follow instructions



Configurable as hot or cold water supply



Supplied with digital manometer and thermometer



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 1
URL: http://www.armfield.co.uk/FS

Applications: ME ChE CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2023 Armfield Ltd. All Rights Reserved

armfield.co.uk

H SERIES

Product List - H1/H12/H14H30/H33/H40/H41

The Armfield **H series** provides a complete range of hydraulics instruments for both teaching and research purposes.

The collection includes Vernier Hook and Point Gauges to measure the steady state water surface position. A selection of easy to use manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6 metres of water.

Pitot tubes designed for measuring the velocity of water in open channels or closed ducts. Propeller Velocity Meter used to measure very low point velocities in water and other conductive fluids. The range additionally introduces students into Particle image Velocimetry (PIV).

H series product list

Vernier hooks, point gauges & stands	
▶ Vernier hooks & point guages	H1-1/H1-2/H1-3
▶ Electronic hook, point gauges & stands	H1-7/H1-8/H1-1
Open water, pressurised, mercury & kerosene manometers	
▶ Open water manometers	H12-1
▶ Pressurised water manometers	H12-2
▶ Mercury manometers	H12-3/H12-4
▶ Kerosene manometers	H12-5
▶ Electronic pressure meters	H12-8/H12-9
Computer compatible manometer bank	
▶ Computer compatible manometer bank	H14/2
Pitot tubes	
▶ Pitot tubes	H30
Propeller velocity flowmeter	
▶ Propeller velocity flowmeter	H33
Wave probe systems & Laser PIV system	
▶ Wave probe systems	H40
▶ Laser PIV system	H41



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Vernier Hook & Point Gauges - H1

H1-1 / H1-3 - Hook & Point Gauges

The measurement of steady state water surface position is frequently needed during hydraulic investigations.

This is done by using a small point or hook manually adjusted to touch the water surface, and a reading is taken of the vertical movement using a scale or vernier.

Description - Vernier Hook & Point Gauges (H1-1, H1-2, H1-3)

A mounting frame is clamped to a suitable support structure and a gauging rod is free to slide up and down over the water surface. A stainless steel hook or point is attached to the bottom end of the rod and is used to locate the water surface.

Gauging is carried out by means of a primary scale attached to the mounting frame and a vernier scale attached to the rod. The scales are in edge contact.

The rod is held in a screwed collar for fine adjustment and can be released for large, rapid changes of position. Zero can be reset by a locking screw positioned on the vernier scale.

Demonstration Capabilities

- Location of air-water surface boundaries with high resolution
- Measurement of slowly changing water levels in flumes and hydraulic models
- Measurement of mechanical deformation

Overall dimensions

H1-1 (150mm):		
Length	265mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-2 (300mm):		
Length	415mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-3 (450mm):		
Length	565mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-1 (150mm):	0.01 m^3	1.2kg
H1-2 (300mm):	0.01 m^3	1.5kg
H1-3 (450mm):	0.01 m^3	1.7kg

Ordering Specification

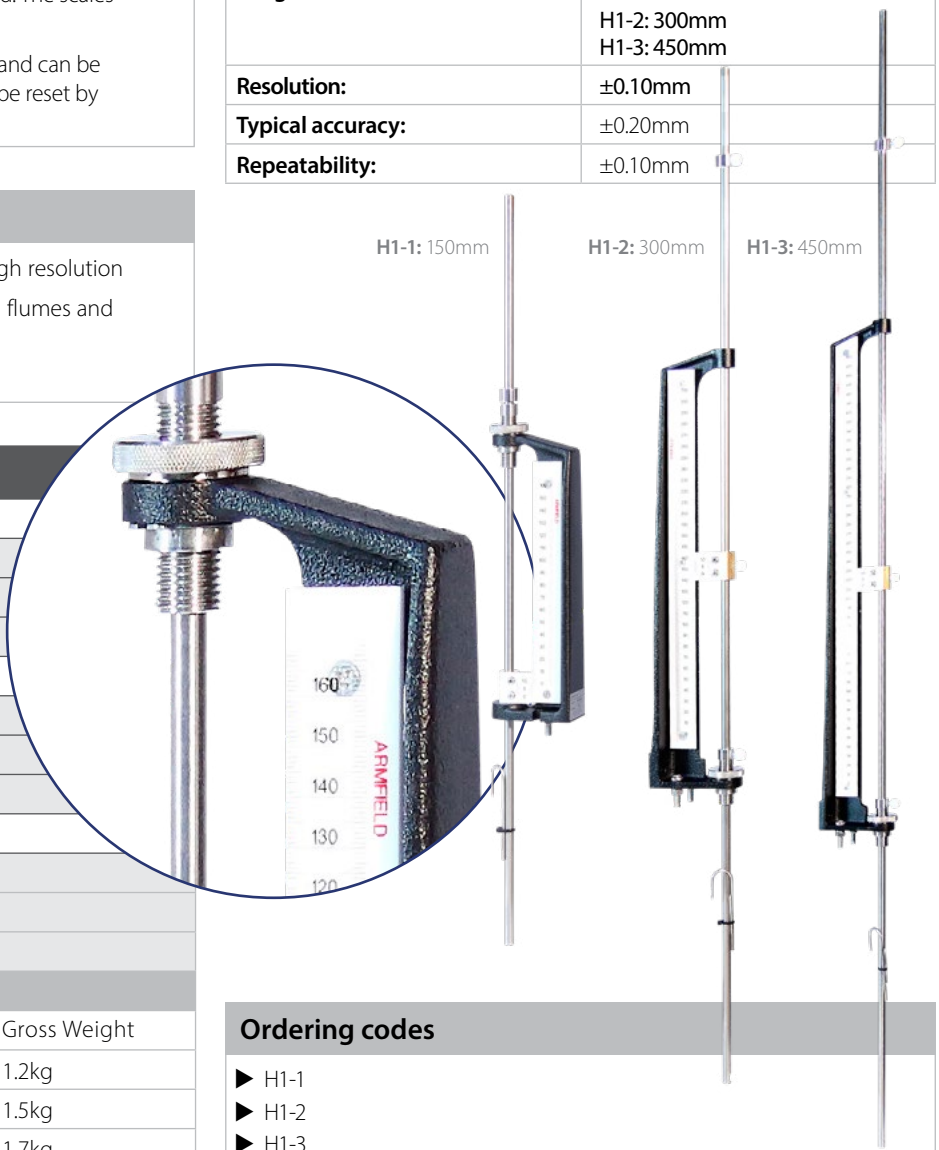
- A rugged low cost gauge for measurement of water surface position to ±0.20mm
- Mounting frame in enamelled cast aluminium
- Gauging rod and adjusting mechanism in bright plated brass
- Supplied complete with stainless steel hook and point

HT1 Accessories

- **H1-11:** Tripod stand

Technical specifications

Ranges:	H1-1: 150mm H1-2: 300mm H1-3: 450mm
Resolution:	±0.10mm
Typical accuracy:	±0.20mm
Repeatability:	±0.10mm



Ordering codes

- H1-1
- H1-2
- H1-3

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Digital Hook & Point Gauges - H1

H1-7 / H1-8 - Digital Hook & Point Gauges

A range of digital hook and point gauges which includes a liquid crystal display which indicates the movement of the gauging rod.

A push button sets the display to zero at any position, allowing the measurement of movement relative to a datum.

Description - Digital Hook & Point Gauges (H1-7, H1-8)

A mounting plate is clamped to a suitable support structure and a flat vertical shaft retained by the gauging unit is free to slide up and down over the water surface.

A steel point or hook is attached to the bottom end of the shaft and is used to locate the water surface.

The gauging unit consists of a liquid crystal electronic display which indicates the movements of the shaft.

A quick-release mechanism permits large changes to be rapidly accommodated, and a screw adjustment is provided for accurate final positioning.

A push button sets the display to zero at any position, so that relative movements compared with a datum can be easily measured.

This gauge is easy to use and minimises potential errors resulting from reading vernier scales.

Ordering Specification

- A direct indicating gauge which eliminates observation errors due to vernier and scale reading.
- Can be set to zero anywhere in the operating range to permit easy relative level checking.
- The liquid crystal display is easy to read and has a resolution of ±0.01mm.
- A push button gives immediate change to inches from millimetres if required.
- A quick-release mechanism permits rapid changes of position.

Overall dimensions

H1-7 (300mm):		
Length	450mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
H1-8 (500mm):		
Length	650mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-7 (300mm):	0.01 m^3	2kg
H1-8 (500mm):	0.02 m^3	2.5kg

Demonstration Capabilities

- Measurement of steady state of water with digital display

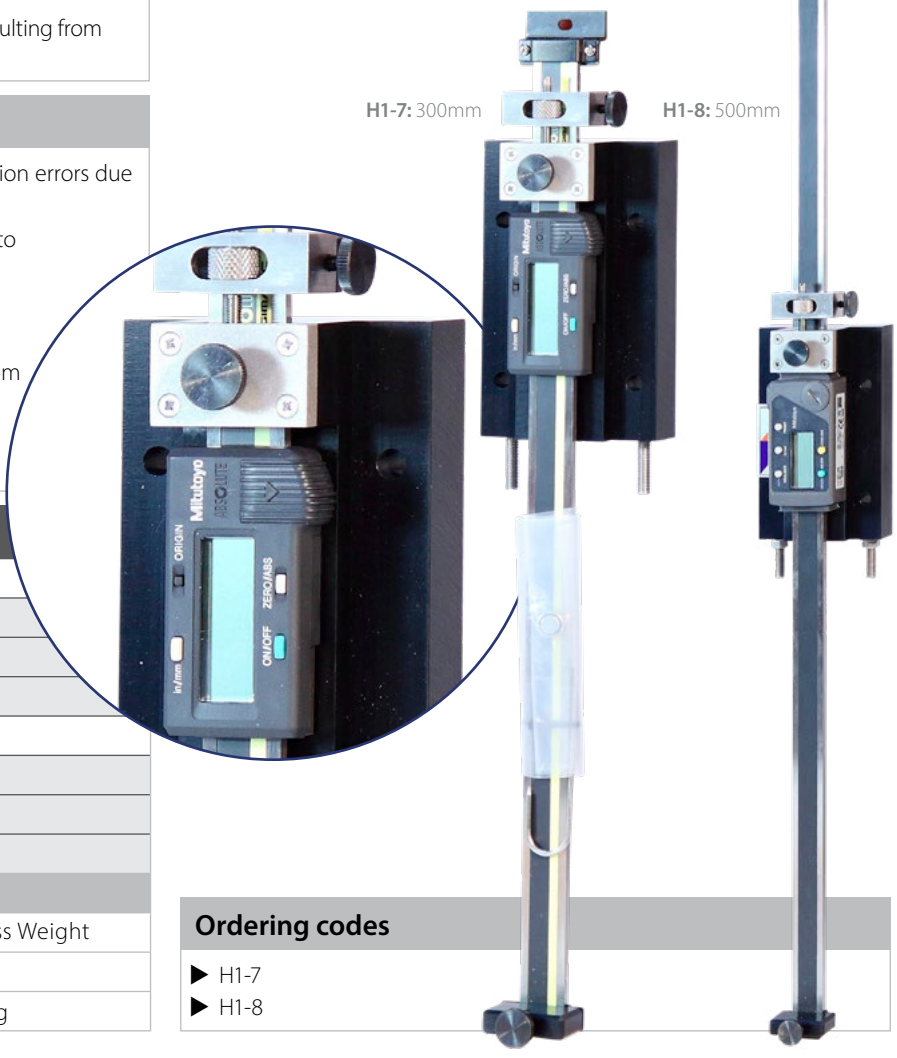
HT1 Accessories

- **H1-11:** Adjustable Tripod stand with mountings

Technical specifications

Ranges:	H1-7: 300mm H1-8: 500mm
Resolution:	±0.01mm
Typical accuracy:	±0.03mm
Repeatability:	±0.01mm
Operating temperature range:	5°C to 40°C

The gauge is powered continuously by a small cell battery with a life in excess of 6 months.
(No 'on/off' switch improves reliability)



Ordering codes

- H1-7
- H1-8

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Tripod Stands - H1-11

HT1-11 - Tripod Stand

A mounting tripod constructed from aluminium alloy is supported on three stainless steel rods secured by thumbscrews.

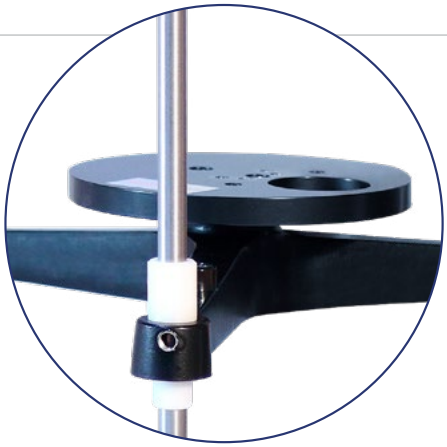
The rods are adjustable allowing the stand to be made level.

Description - Tripod Stand (H1-11)

This stand is suitable for use with vernier type Hook & Point gauges (H1-1, H1-2, H1-3) and the Pitot Tubes (H30). It is essential for the convenient use of the gauges in physical models. Also includes mountings and a clamp plate to make it suitable for other instruments, i.e. the Digital Hook and Point gauges (H1-7, H1-8), the micropropeller used on H32 and Propeller Velocity Flowmeter (H33).

Levelling is assisted by use of a 'Bullseye' spirit level mounted on the top plate.

A carrier plate mounted on the tripod supports the gauge. The whole assembly may be adjusted for height on the support rods.





Technical specifications

Product:	H1-11
Ranges:	500mm (normal)
Diameter of base:	340mm
Overall height:	660mm (without gauge)

Overall dimensions

H1-11:		
Length	340mm	
Width	340mm	
Height	660mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-11:	0.15 m^3	6kg

Ordering codes

▶ H1-11 Adjustable tripod stand with mountings

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Liquid Manometers & Meters - H12

H12-1 / H12-7 - Liquid Manometers

A range of general purpose laboratory manometers using liquid displacement to measure differential pressure.

Description - Liquid Manometers (H12-1 / H12-7)

A range of manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6m H2O. Scales are graduated in 1mm divisions.

H12-1: 1 metre scale differential open water manometer

H12-2: 1 metre scale differential pressurised water manometer (the air space above the tubes can be pressurised with the pump supplied)

H12-3: 1 metre scale differential water over Mercury manometer - Range 12.6m H2O

H12-4: 500mm scale differential water over Mercury manometer - Range 6.3m H2O

H12-5: 500mm scale differential kerosene over water manometer - Range 0.213m H2O

Accessories

H12-6: Free-standing column with height adjustment to take two manometers.

H12-7: Self-sealing and self-bleeding pressure tapping system which allows a pair of pressurised water or mercury manometers to be connected into and disconnected from a number of points around a pumped system.

The equipment consists of ten self-sealing pressure tapping points with 1/4" BSP male threads for fitting into the system and four self-bleeding pressure tapping lines for connection to two differential manometers. Tapping line bleeding is obtained with four in-line vented shut-off valves conveniently mounted on a fixing bracket. The system is supplied complete with a quantity of translucent plastic tubing.

Demonstration Capabilities

- Low cost and easy to use instruments
- Wide range of pressures accommodated using different manometer fluids

Ordering Specification

See description:

NOTE: Due to its hazardous nature and severe shipping restrictions, Mercury is not included in Armfield's scope of supply.

Overall dimensions

See description:

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-1 / H12-7	0.1 m^3	21.5kg



Ordering codes

- H12-1
- H12-2
- H12-3
- H12-4
- H12-5

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-8

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 2000 mBar (0 - 1500mmHg).

This unit is particularly suitable for use in applications where Mercury manometers have traditionally been used. The use of Mercury is not desirable in a laboratory environment due to its hazardous nature.

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 2 Bar differentially and the unit is capable of withstanding 6 Bar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Technical Details

Measuring range:	0 - 2000mBar (0 - 1500mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	1mBar (1mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Maximum overpressure:	6200 mBar (4650 mmHg)
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H12-8	0.005m³	1kg

Ordering Specification

▶	**H12-8**	Basic Portable Pressure Meter



H12-8

Ordering codes

▶ **H12-8**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-9

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 140 mBar(0 - 99.99mmHg).

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 140 mBar differentially and the unit is capable of withstanding 400 mBar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Ordering Specification

▶	**H12-9**	Basic Portable Pressure Meter



H12-9

Technical Details

Measuring range:	0 - 140mBar (0 - 99.99mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	0.1mBar (0.01mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Repeatability:	+/-0.1% of full scale
Maximum overpressure:	400 mBar
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-9	0.005m³	1kg

Ordering codes

▶ **H12-9**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Computer compatible manometer bank - H14/2

H14/2 - Computer Compatible Manometer Bank

The Armfield H14/2 is designed to replace banks of manometers when used in conjunction with a number of Armfield products. Sixteen simultaneous pressure measurements can be displayed on a user supplied computer and the information data logged.

Two modes of operation are available:

Mode 1: 16 general purpose channels (350mm H20), with a common reference, suitable for monitoring both wet and dry systems.

Mode 2: 14 general purpose channels as above, plus 2 differential high sensitivity channels (125mm H20 differential), for accurate measurement of low differential pressures (suitable for dry air only).

Description - H14/2

The pressure monitor points are located on the front panel of the unit, with adapters to allow flexible plastic tubing to be attached. Two different sizes of tubing can be used (2mm and 3mm inside diameter). This tubing connects to the test points on the equipment being monitored.

The manometer system connects to the customer supplied computer using a USB interface. The measured pressures are displayed on the computer screen in both numeric and bar chart format.

Sophisticated software is provided with facilities to:

- Display the data from the 16 channels in real time
- Record data either on operator request, or at constant sampling periods
- Define the data sampling periods to be used
- Record data onto the computer for later retrieval, including the option to record the data in Excel format
- Display tables and graphs of the captured data, with real time updates
- Calibrate and scale the individual measurement channels
- Zero the data channels before taking measurements

Ordering Specification

- Electronic multiple channel pressure measurement system designed to replace liquid manometer banks
- 16 simultaneous measurements displayed on a PC (not supplied)
- Sophisticated software included, for logging, recording and displaying data
- 16 channels of 350mm H20 capacity, or 14 channels of 350mm plus 2 channels of 125mm H20 differential

Technical Details

General purpose channels:	
Range:	0 to 350mm H_20
Repeatability:	0.5mm H_20
Absolute accuracy:	0.5% FSD
Media:	Wet or Dry, non corrosive
High sensitivity channels:	
Range:	0 to 125mm H_20 differential
Repeatability:	0.1mm H_20
Media:	Dry air only

Essential Equipment

Personal computer, with USB interface, running Windows 8 and later.

Requirements

AC mains: Universal input, 100-250V ac, 50-60Hz

Associated Armfield Products

C2: Subsonic Wind Tunnel
F6: Air Flow Studies

H14/2



Overall dimensions

Length	250mm
Width	260mm
Height	113mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H14/2:	0.015m^3	15kg

Ordering codes

- **H14/2**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Pitot Tube - H30

H30-1H / H30-3H - Pitot Tubes

A range of Pitot tubes for the measurement of water velocity in open channels and closed ducts.

Description

Tubes are in stainless steel and mounted on a supporting body with scale. They are supplied with a watertight gland for installation below water level.

In order to measure velocity, the Pitot tubes must be connected to a manometer, such as the Armfield H12-8 or H12-9.

When used with the H12-9, the range is 0 - 5.2m/s. When used with the H12-8 the range is 0 - 19.8m/s

Ordering Specification

- **H30-1H:**
  - 150mm Pitot tube
  - 150mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-2H:**
  - 300mm Pitot tube
  - 300mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-3H:**
  - 450mm Pitot tube
  - 450mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand
H12-8: Portable pressure meters
H12-9: Portable pressure meters





Overall dimensions

See Order Specifications

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H30-1H / H30-2H / H30-3H	0.1m³	5kg

Ordering codes

▶ **H30-1H** ▶ **H30-2H** ▶ **H30-3H**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Propeller Velocity Flowmeter - H33 / H33-10

H33 - Propeller Velocity Flowmeter

Used to measure very low point-velocities in water and other conductive fluids, this flowmeter uses the impedance of a rotating multi-bladed propeller to indicate rotational speed caused by the flowing fluid.

Description - H33

The fine diameter of the sensing head enables the meter to be used in small ducts and channels with an ability to measure fluid velocity as low as 25 mm/sec.

A probe and digital indicator are required in combination to perform measurements but the digital indicator is supplied separately from the probes to allow an appropriate probe to be selected to suit specific applications.

Miniature Propeller Probes (H33-1/H33-2/H33-3)

Each probe consists of a sensing head that is mounted at the end of a slim stainless steel stem. A co-axial connector at the top of the stem allows the probe to be connected to the H33-10 Digital Indicator.

The sensing head consists of a 5-bladed propeller that runs in jewelled bearings. The propeller is able to rotate freely within a protective shrouded cage. An insulated gold electrode terminates 0.1mm from the tip of the rotating blades and detects the change in electrical impedance as each blade passes. As there is no physical contact between the electrode and blade, the propeller can rotate freely and respond to low velocity of the surrounding fluid.

Technical Details H33

Rotor:	11.6 mm diameter, machined plastic (balanced)
Spindle:	Hardened stainless steel with conical ends
Bearings:	Synthetic sapphire vee jewels
Cage:	Nickel plated bronze
Stem:	Stainless steel
Electrical connector:	Co-axial
Weight:	0.20kg
Immersion length:	420mm maximum

Capabilities

- Measurement of velocity in clean conductive fluid within the range 25 to 1500mm/sec (up to 3000mm/sec with the high speed probe)
- Operation in confined spaces with limited intrusive effects
- Suitable for both laboratory and field applications - battery powered (rechargeable) and fully portable
- Measurements are indicated on the digital display and may be connected to a data logger for later analysis

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand with mountings

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H33/1/2/3:	0.1m^3	2kg
H33-10:	0.1m^3	5kg

H33-10 - Digital Indicator

The digital indicator has been developed for use with the miniature propeller probes H33-1/2/3 where laboratory or field measurement of water velocity is required.

Description - H33-10

The digital indicator may be battery powered or mains powered using the standard power adaptor supplied. The power adaptor is intended for world-wide use and has four interchangeable plugs to suit all regions. The unit can operate on 110 Volts or 230 Volts at 50Hz or 60Hz.

When connected to an appropriate probe, the unit will indicate frequency of the pulses from the propeller that can be converted to water velocity using the calibration chart supplied with the probe. The unit can be programmed to read water velocity directly in units of cm/sec by entering a calibration constant for the probe in use (obtained from the chart supplied with each probe). Alternatively the unit can be programmed to count the pulses continuously, allowing averaging of the velocity measurement over a longer (user defined) period.

A 0-5 V DC output allows the unit to be connected to a suitable data logger to provide a permanent record of the variations in water velocity with time. A co-axial lead, 3 metres long, is supplied with the digital indicator for connecting it to any of the miniature propeller probes described above.

Technical Details H33-10

Power:	Four AA rechargeable batteries (supplied)
Battery life:	Typically 300 hrs on full charge
Display:	3-digit liquid crystal
Controls:	On/off switch, sample time switches for 1 & 10 seconds
Input:	Miniature socket for co-axial cable from probe
Output	0-5V DC
Case size:	190 x 136 x 55mm overall Moulded ABS plastic
Weight:	0.55kg with batteries fitted



H33-10 Flow meter shown with probe

Ordering codes

▶ **H33** ▶ **H33-1** ▶ **H33-2** ▶ **H33-3** ▶ **H33-10**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Wave Probe System - H40-MKII

H40-MKII - Wave Probe System

The H40-MKII is suitable for use in:

2D flume: For this configuration, the wave probes are supplied with a mounting block allowing the calibration stem, that is fixed to the wave probe head, to be attached to any vertical surface.

3D wave basin: For basins, The H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod is used for mounting the 600 to 1200 mm wave probes. For shallow water up to 1m depth, a smaller stand to fit 300 mm wave probes is available.

Description - H40-MKII

The H40-MKII Wave Probe Case contains the signal conditioning circuitry for up to eight wave probes and a network connection to allow a computer to configure the probes. If more than eight probes are required to be used at the same time in the physical model then multiple cases can be linked together, so that only one computer is required for configuration.

The input connections for the wave probes are provided using 4mm sockets on one face of the case. The opposite face has connections to allow the device to be directly connected to a computer via an Ethernet cable and to an existing data acquisition system using analogue signal outputs. The unit is powered from an external 24Vdc laptop-style power supply.

The wave probe case is set up using a built-in web page which is accessed from the PC using the network connection. Whilst testing is underway the data acquired by the instrument is also transmitted over the network connection for collection by appropriate software(not supplied by Armfield).

The wave probe operates by measuring the current that flows between two stainless steel wires that are immersed in water. This current is converted to an output voltage that is directly proportional to the immersed depth. Each wave probe case contains the energising and sensing circuits for the operation of eight wave probes and provides an output voltage (0-5V) for all eight channels on a 16-way output connector. In order to avoid polarisation effects at the probe, a high frequency square wave is used to energise the probe.

Adjacent probes are set to different frequencies to allow probes to be used close together without causing any interference. Each wave probe channel contains circuitry designed to compensate for the resistance of the cable that connects the probe to the wave probe unit. Without this compensation, the output of the wave probe monitor would be non-linear.

The probe output voltage is converted to a digital reading using an analogue to digital converter and the readings are batched and transmitted over the network in packets of data at a rate of 100 samples per second. The configuration process allows the user to set the output level for a given initial probe immersion. This enables the user to scale the output, from zero (no water over probe) to maximum output for a desired full scale immersion.

The wave probes comprise two parallel stainless steel rods with a plastic head and foot. The head is fixed to the calibration stem and a mounting block is supplied that allows the calibration stem to be fixed to any vertical surface.

Overall dimensions

Length 250mm / **Width** 100mm / **Height** 40mm

Packed and crated shipping specifications		
H40-MKII	0.1m^3	3kg

Features / benefits

- Extremely linear output
- No hysterisis
- Reliable, proven design, easily calibrated
- Longer distances from the data acquisition PC can be achieved by linking two wave probe cases together
- Suppled with 8 channels as standard
- Data can be logged directly into a computer via the network link

Technical specification (Wave probe case)

Case configuration:	8 channels (wave probes)
Output signals:	EtherNET digital output comms cable network to data acquisition PC 0-5 V via 16-wayIDC connector
Excitation frequency:	3 kHz to 11 kHz
Filter band width:	-3 dB at 2 0Hz
Supply voltage:	220 or 110 V ±10% 40-60 Hz
Trigger function:	+5 V input signal trigger

Technical specification (Wave probe)

Active working range:	300, 600, 900, 1200mm
Probe diameter (300mm):	1.6mm
Probe diameter (600, 900,1200mm):	6.0mm
Probe cable length:	30m (Supplied)

Requirements

1Ph

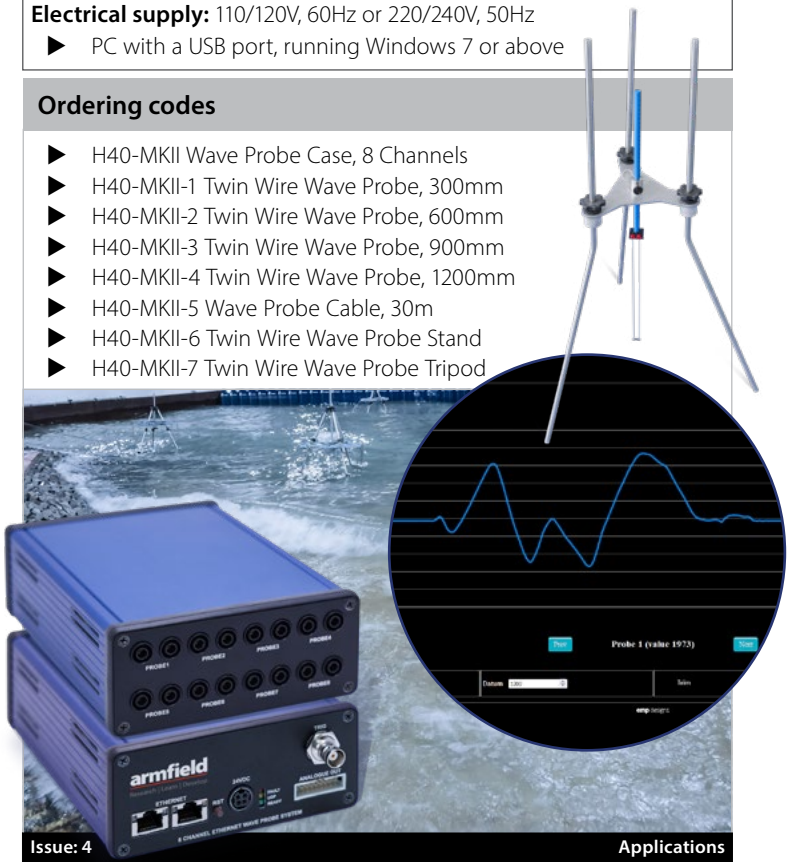
Electrical supply: 110/120V, 60Hz or 220/240V, 50Hz

- PC with a USB port, running Windows 7 or above

Scale

Ordering codes

- H40-MKII Wave Probe Case, 8 Channels
- H40-MKII-1 Twin Wire Wave Probe, 300mm
- H40-MKII-2 Twin Wire Wave Probe, 600mm
- H40-MKII-3 Twin Wire Wave Probe, 900mm
- H40-MKII-4 Twin Wire Wave Probe, 1200mm
- H40-MKII-5 Wave Probe Cable, 30m
- H40-MKII-6 Twin Wire Wave Probe Stand
- H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Laser PIV System - H41

Description

The H41 consists of two main assemblies: the nanoLase light sheet projector and the rtCam camera, with built-in timing synchroniser. The rtCam interfaces to the rtControl software package, which runs on a standard PC under Windows XP (not supplied by Armfield).

The nanoLase consists of a low-power solid-state laser, together with optics to form the beam into a ~3mm thick, 45° wide light sheet. The laser is modulated to produce pairs of pulses, with an adjustable delay (known as Δt) of between 100µs and 5s. Both the pulse separation and pulse width can be set directly from the rtControl software.

The nanoLase and rtCam are arranged orthogonally around the flow to be measured, with the laser being used to illuminate flow-following 'seeding' particles that have been mixed into the water. The system is supplied with 100g of 100µm polyamide particles, which are suitable for the majority of water-based flows. These particles scatter light toward the rtCam, which acquires a pair of images every time the laser emits a pulse pair.

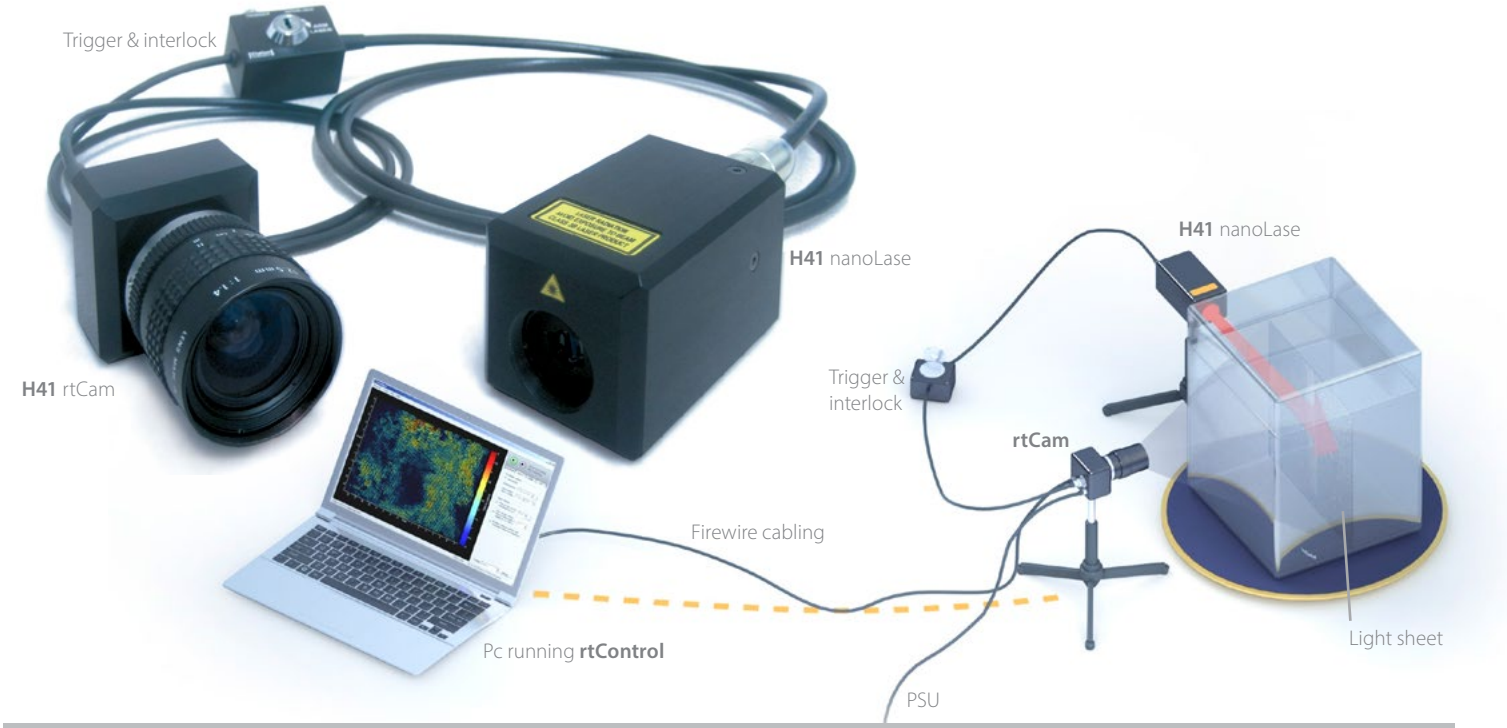
Each pair of particle images are immediately sent to the control PC using a standard FireWire (IEEE 1394) connection. The rtControl software then subdivides the images into 'tiles', which are cross-correlated in order to measure the displacement of the seeding particles in that area.

Because the delay between the images is known, a velocity map can be calculated for the whole of the camera's field of view. While most PIV systems take several minutes to get to this point, rtCam and rtControl can repeat the entire process up to 16 times a second.

In addition to the real-time velocity vector maps, rtControl can calculate and display derived statistical data (such as vorticity or time-averaged velocity) with options to superimpose vectors, scalars, and video on top of each other. Similarly, there are options to record data as either raw images (in BMP format), or as processed vectors or scalars (in AVI movie, CSV spreadsheet, or Matlab® archive format). Previously recorded data sets can be loaded into rtControl for subsequent display and analysis.

Both the rtCam and the nanoLase are fitted with standard mountings suitable for a selection of different mounting mechanisms. The system is supplied with one small desktop tripod; larger tripods and various snake-arm mounts are available as accessories. Also available are purpose-designed mounts designed for use with Armfield flow channels.

The system is provided complete with all cables and packed into an aluminium flight case for safe storage and easy transport.



Features

- The H41 uses particle image velocimetry (PIV) to measure, non-intrusively, fluid velocities at multiple points in a flow, at a rate of up to 16Hz.
- The compact and portable hardware (which uses a safe, non-pulsed Class 3b laser) and extremely easy-to-use software with real-time display, make this an ideal tool for undergraduate teaching and demonstration.
- With its sophisticated multipass processing, the H41 matches the performance of higher power PIV systems costing several times more. It is therefore also an ideal, cost-effective tool for experimental fluid dynamics research.
- The intuitive software provides a wide range of processing, display and recording functions for both velocity and derived statistical data, using a standard PC.

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

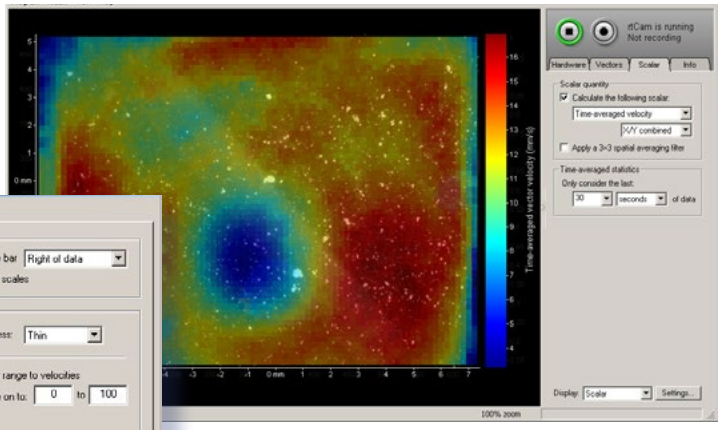
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Technical specifications

Lasers:	▶ Solid-state air-cooled 200mW, 660nm laser diode (Class 3b) ▶ Standard optics produce a ca 3mm thick, 45° light sheet (ca 200mm wide at 250mm) ▶ Interchangeable 20° light sheet optic available (H41-3) ▶ Pulse separation (Δt) of between 100µs and 5s (in steps of 10µs) ▶ Pulse width of between 10µs and 32ms (in steps of 10µs)
Camera:	▶ Super-sensitive VGA CMOS sensor: - 640x480, 6.0µm pixels (1/3" format); - ~50% quantum efficiency at 660nm; - 75-110dB dynamic range; - 4.8 V/lux-sec sensitivity ▶ Trigger input enables image pair acquisition to be synchronised with external events ▶ Accepts standard CS or C-mount lenses (12.5mm f/1.4 lens supplied) ▶ Camera exposure can be linked to the laser's pulsing, thereby enabling operation in a lit room

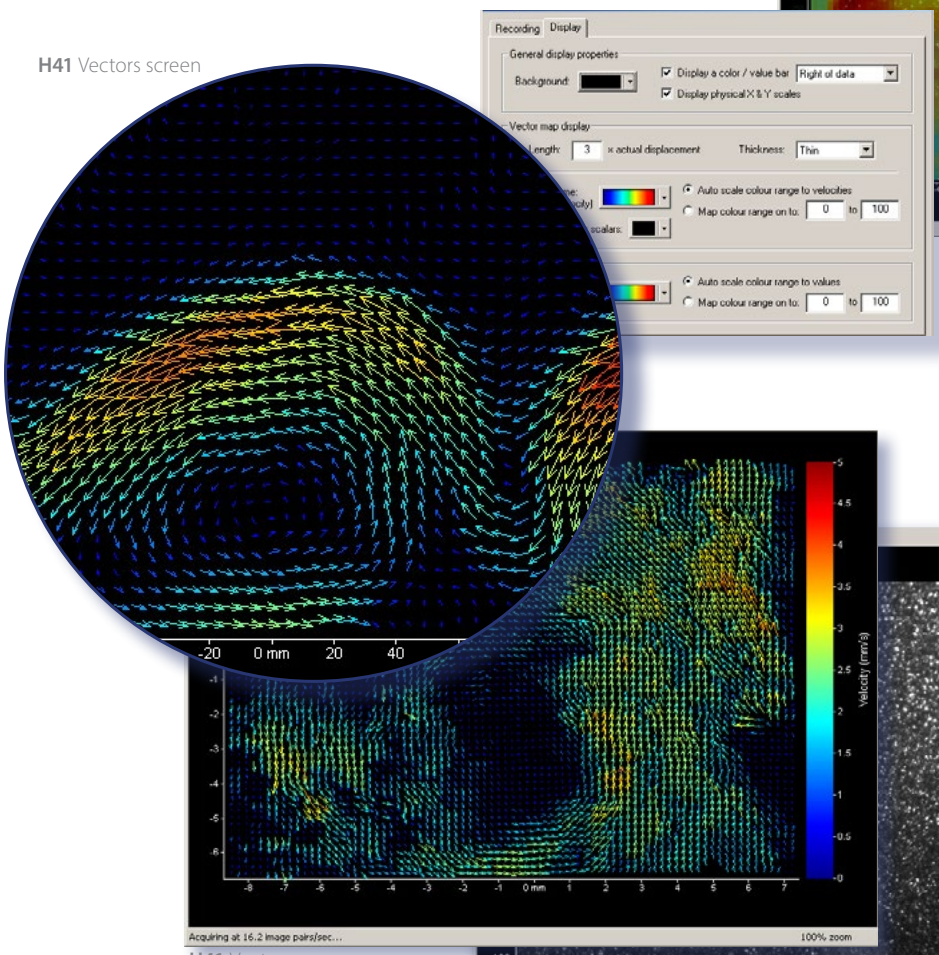
Software processing

- ▶ Data refresh and recording rate up to 16Hz (dependent on the computer speed, the selected acquisition and PIV analysis parameters and the recording taking place)
- ▶ Real-time, or offline, two-component vector calculation
- ▶ Single-pass or adaptive multipass cross-correlation with 8, 12, 16, 24, 32 or 64 pixel window sizes
- ▶ 0% or 50% window overlap (ie maps of up to 19,000 vectors)
- ▶ Optional vector interpolation and filtering based on:
  - User-supplied velocity limits
  - RMS of neighbouring vectors' values
- ▶ Calculation of the following derived scalars:
  - Vector angle and magnitude
  - Vorticity and swirl
  - Time-averaged mean velocity
  - RMS and turbulence intensity
- ▶ Where applicable, vector component and statistical sample number are user-defined

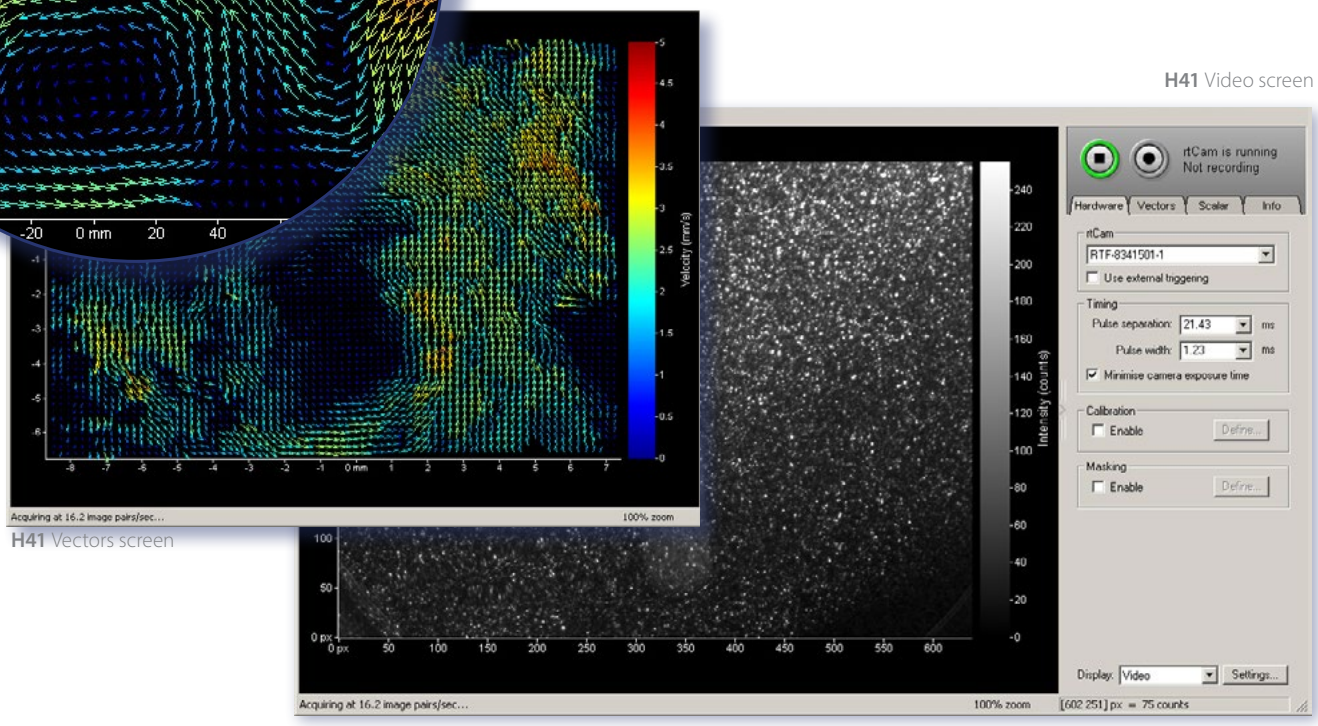


H41 Scalar screen

H41 Vectors screen



H41 Video screen



H41 Vectors screen

Options

- A range of further options are available to suit specific user applications, including:
- Waterproof enclosure for the rtCam, to enable complete submersion in water, eg for use with a large towing tank
- Flashlamps can be supplied in place of the nanoLase, for surface velocimetry measurements
- Higher power versions of the nanoLase are available for measuring larger areas or faster flows
- The rtCam can be supplied with macro or telephoto lenses
- A light-sheet thickness adjuster is available for micro-PIV measurements

Please contact Armfield for further details of these options.

Requirements



Scale



- Electrical supply:
  H41-1-A, H41-2-A: 220-240V/1ph/50Hz
- Voltage Variants:
  H41-1, H41-2: 90-264V, 47-63Hz
- A PC running Windows 98 or above, with a FireWire port. Laptop FireWire ports require a suitable four to six-pin cable.
- It is recommended the PC has at least 2GB RAM with a processing speed of at least 2GHz. The display resolution should be at least 1024x768, true colour.
- The data refresh rate achievable is dependent on the specification of this computer. For example, to achieve 16Hz data refresh and recording rate, a 2.66GHz Intel dual core processor or better is required, and the hard drive must support sustained writes at 9.5 Mb/s.

Overall dimensions

nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.085mm	
Submersible nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.095mm	
rtCam:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.09mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H41-1 / H41-2	0.1 m^3	5kg



Optional accessories

- **H41-3 20° Light sheet Optics for nanoLase**
  The standard 45° light sheet optics can be replaced with item H41-3 in order to produce a narrower 22° fan angle. This can be useful in cases where the nanoLase needs to be placed farther away from the measurement area.
- **H41-5 1.5m tripod for rtCam**
- **H41-6 Snake-arm with magnetic base for nanoLase**
- **H41-7 Snake-arm with G-Clamp base for nanoLase**
- **C4-12 Mounting system for Armfield**
- **C4-MkII flume** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)
- **S16-12 Mounting system for Armfield S16 Hydraulic Flow Demonstrator** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)

Consumables

- **H41-4** Seeding particles suitable for water flows (200g)

Ordering specification

- Particle Image Velocimetry (PIV) system, comprising a laser light sheet projector, a camera system and processing software
- 200mW (Class 3b) 660nm laser, with variable pulse width and pulse spacing
- 45° light sheet optics as standard with optional optics to produce a 20° sheet
- Real-time 2D display of flow velocity vectors updated at up to 16Hz
- Data can be recorded in video (avi), bitmap (bmp), text (csv) and Matlab (mat) formats
- Option of submersible light sheet projector

Ordering details

H41-1 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation

H41-2 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation with submersible nanoLase light sheet projector

Ordering codes

- **H41-1**
- **H41-2**

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

H SERIES

Product List - H1/H12/H14H30/H33/H40/H41

The Armfield **H series** provides a complete range of hydraulics instruments for both teaching and research purposes.

The collection includes Vernier Hook and Point Gauges to measure the steady state water surface position. A selection of easy to use manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6 metres of water.

Pitot tubes designed for measuring the velocity of water in open channels or closed ducts. Propeller Velocity Meter used to measure very low point velocities in water and other conductive fluids. The range additionally introduces students into Particle image Velocimetry (PIV).

H series product list

Vernier hooks, point gauges & stands	
▶ Vernier hooks & point guages	H1-1/H1-2/H1-3
▶ Electronic hook, point gauges & stands	H1-7/H1-8/H1-1
Open water, pressurised, mercury & kerosene manometers	
▶ Open water manometers	H12-1
▶ Pressurised water manometers	H12-2
▶ Mercury manometers	H12-3/H12-4
▶ Kerosene manometers	H12-5
▶ Electronic pressure meters	H12-8/H12-9
Computer compatible manometer bank	
▶ Computer compatible manometer bank	H14/2
Pitot tubes	
▶ Pitot tubes	H30
Propeller velocity flowmeter	
▶ Propeller velocity flowmeter	H33
Wave probe systems & Laser PIV system	
▶ Wave probe systems	H40
▶ Laser PIV system	H41



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Vernier Hook & Point Gauges - H1

H1-1 / H1-3 - Hook & Point Gauges

The measurement of steady state water surface position is frequently needed during hydraulic investigations.

This is done by using a small point or hook manually adjusted to touch the water surface, and a reading is taken of the vertical movement using a scale or vernier.

Description - Vernier Hook & Point Gauges (H1-1, H1-2, H1-3)

A mounting frame is clamped to a suitable support structure and a gauging rod is free to slide up and down over the water surface. A stainless steel hook or point is attached to the bottom end of the rod and is used to locate the water surface.

Gauging is carried out by means of a primary scale attached to the mounting frame and a vernier scale attached to the rod. The scales are in edge contact.

The rod is held in a screwed collar for fine adjustment and can be released for large, rapid changes of position. Zero can be reset by a locking screw positioned on the vernier scale.

Demonstration Capabilities

- Location of air-water surface boundaries with high resolution
- Measurement of slowly changing water levels in flumes and hydraulic models
- Measurement of mechanical deformation

Overall dimensions

H1-1 (150mm):		
Length	265mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-2 (300mm):		
Length	415mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-3 (450mm):		
Length	565mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-1 (150mm):	0.01 m^3	1.2kg
H1-2 (300mm):	0.01 m^3	1.5kg
H1-3 (450mm):	0.01 m^3	1.7kg

Ordering Specification

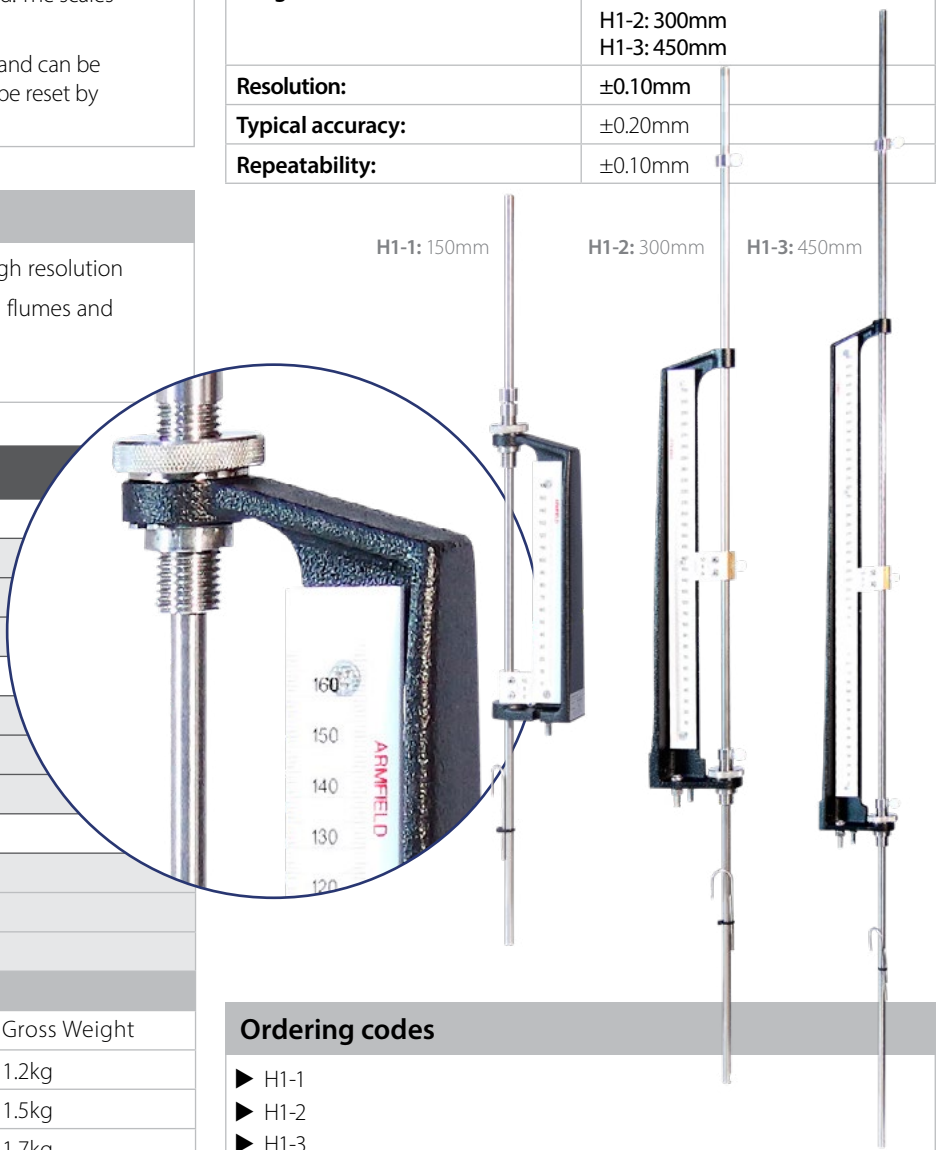
- A rugged low cost gauge for measurement of water surface position to ±0.20mm
- Mounting frame in enamelled cast aluminium
- Gauging rod and adjusting mechanism in bright plated brass
- Supplied complete with stainless steel hook and point

HT1 Accessories

- **H1-11:** Tripod stand

Technical specifications

Ranges:	H1-1: 150mm H1-2: 300mm H1-3: 450mm
Resolution:	±0.10mm
Typical accuracy:	±0.20mm
Repeatability:	±0.10mm



Ordering codes

- H1-1
- H1-2
- H1-3

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Digital Hook & Point Gauges - H1

H1-7 / H1-8 - Digital Hook & Point Gauges

A range of digital hook and point gauges which includes a liquid crystal display which indicates the movement of the gauging rod.

A push button sets the display to zero at any position, allowing the measurement of movement relative to a datum.

Description - Digital Hook & Point Gauges (H1-7, H1-8)

A mounting plate is clamped to a suitable support structure and a flat vertical shaft retained by the gauging unit is free to slide up and down over the water surface.

A steel point or hook is attached to the bottom end of the shaft and is used to locate the water surface.

The gauging unit consists of a liquid crystal electronic display which indicates the movements of the shaft.

A quick-release mechanism permits large changes to be rapidly accommodated, and a screw adjustment is provided for accurate final positioning.

A push button sets the display to zero at any position, so that relative movements compared with a datum can be easily measured.

This gauge is easy to use and minimises potential errors resulting from reading vernier scales.

Ordering Specification

- A direct indicating gauge which eliminates observation errors due to vernier and scale reading.
- Can be set to zero anywhere in the operating range to permit easy relative level checking.
- The liquid crystal display is easy to read and has a resolution of ±0.01mm.
- A push button gives immediate change to inches from millimetres if required.
- A quick-release mechanism permits rapid changes of position.

Overall dimensions

H1-7 (300mm):		
Length	450mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
H1-8 (500mm):		
Length	650mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-7 (300mm):	0.01 m^3	2kg
H1-8 (500mm):	0.02 m^3	2.5kg

Demonstration Capabilities

- Measurement of steady state of water with digital display

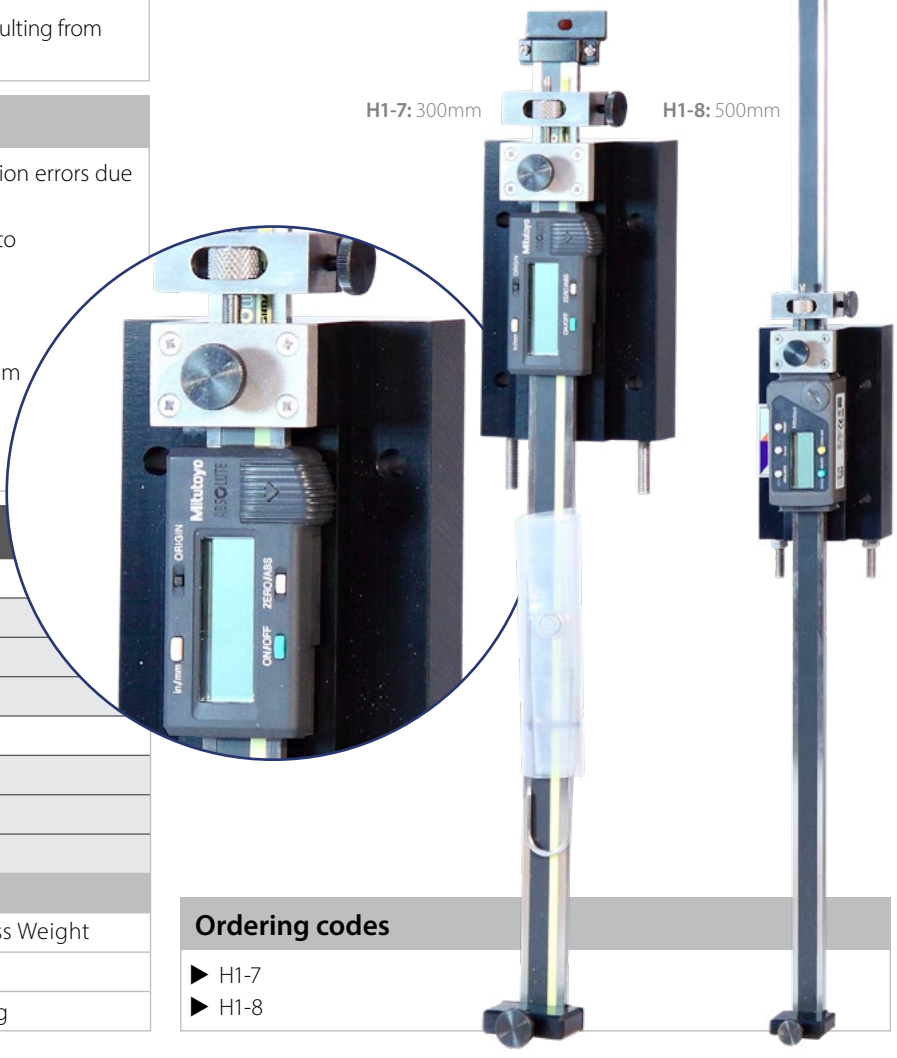
HT1 Accessories

- **H1-11:** Adjustable Tripod stand with mountings

Technical specifications

Ranges:	H1-7: 300mm H1-8: 500mm
Resolution:	±0.01mm
Typical accuracy:	±0.03mm
Repeatability:	±0.01mm
Operating temperature range:	5°C to 40°C

The gauge is powered continuously by a small cell battery with a life in excess of 6 months.
(No 'on/off' switch improves reliability)



Ordering codes

- H1-7
- H1-8

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Tripod Stands - H1-11

HT1-11 - Tripod Stand

A mounting tripod constructed from aluminium alloy is supported on three stainless steel rods secured by thumbscrews.

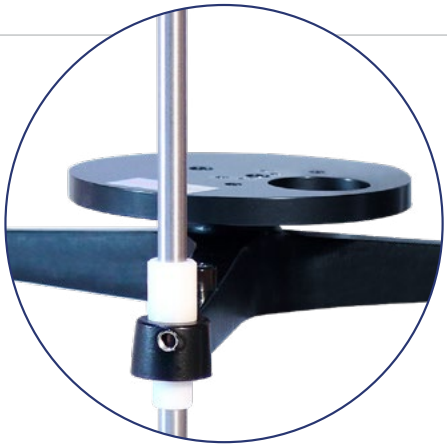
The rods are adjustable allowing the stand to be made level.

Description - Tripod Stand (H1-11)

This stand is suitable for use with vernier type Hook & Point gauges (H1-1, H1-2, H1-3) and the Pitot Tubes (H30). It is essential for the convenient use of the gauges in physical models. Also includes mountings and a clamp plate to make it suitable for other instruments, i.e. the Digital Hook and Point gauges (H1-7, H1-8), the micropropeller used on H32 and Propeller Velocity Flowmeter (H33).

Levelling is assisted by use of a 'Bullseye' spirit level mounted on the top plate.

A carrier plate mounted on the tripod supports the gauge. The whole assembly may be adjusted for height on the support rods.





Technical specifications

Product:	H1-11
Ranges:	500mm (normal)
Diameter of base:	340mm
Overall height:	660mm (without gauge)

Overall dimensions

H1-11:		
Length	340mm	
Width	340mm	
Height	660mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-11:	0.15 m^3	6kg

Ordering codes

▶ H1-11 Adjustable tripod stand with mountings

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Liquid Manometers & Meters - H12

H12-1 / H12-7 - Liquid Manometers

A range of general purpose laboratory manometers using liquid displacement to measure differential pressure.

Description - Liquid Manometers (H12-1 / H12-7)

A range of manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6m H2O. Scales are graduated in 1mm divisions.

H12-1: 1 metre scale differential open water manometer

H12-2: 1 metre scale differential pressurised water manometer (the air space above the tubes can be pressurised with the pump supplied)

H12-3: 1 metre scale differential water over Mercury manometer - Range 12.6m H2O

H12-4: 500mm scale differential water over Mercury manometer - Range 6.3m H2O

H12-5: 500mm scale differential kerosene over water manometer - Range 0.213m H2O

Accessories

H12-6: Free-standing column with height adjustment to take two manometers.

H12-7: Self-sealing and self-bleeding pressure tapping system which allows a pair of pressurised water or mercury manometers to be connected into and disconnected from a number of points around a pumped system.

The equipment consists of ten self-sealing pressure tapping points with 1/4" BSP male threads for fitting into the system and four self-bleeding pressure tapping lines for connection to two differential manometers. Tapping line bleeding is obtained with four in-line vented shut-off valves conveniently mounted on a fixing bracket. The system is supplied complete with a quantity of translucent plastic tubing.

Demonstration Capabilities

- Low cost and easy to use instruments
- Wide range of pressures accommodated using different manometer fluids

Ordering Specification

See description:

NOTE: Due to its hazardous nature and severe shipping restrictions, Mercury is not included in Armfield's scope of supply.

Overall dimensions

See description:

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-1 / H12-7	0.1 m^3	21.5kg



Ordering codes

- H12-1
- H12-2
- H12-3
- H12-4
- H12-5

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-8

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 2000 mBar (0 - 1500mmHg).

This unit is particularly suitable for use in applications where Mercury manometers have traditionally been used. The use of Mercury is not desirable in a laboratory environment due to its hazardous nature.

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 2 Bar differentially and the unit is capable of withstanding 6 Bar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Technical Details

Measuring range:	0 - 2000mBar (0 - 1500mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	1mBar (1mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Maximum overpressure:	6200 mBar (4650 mmHg)
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H12-8	0.005m³	1kg

Ordering Specification

▶	**H12-8**	Basic Portable Pressure Meter



H12-8

Ordering codes

▶ **H12-8**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-9

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 140 mBar(0 - 99.99mmHg).

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 140 mBar differentially and the unit is capable of withstanding 400 mBar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Ordering Specification

▶	**H12-9**	Basic Portable Pressure Meter



H12-9

Technical Details

Measuring range:	0 - 140mBar (0 - 99.99mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	0.1mBar (0.01mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Repeatability:	+/-0.1% of full scale
Maximum overpressure:	400 mBar
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-9	0.005m³	1kg

Ordering codes

▶ **H12-9**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Computer compatible manometer bank - H14/2

H14/2 - Computer Compatible Manometer Bank

The Armfield H14/2 is designed to replace banks of manometers when used in conjunction with a number of Armfield products. Sixteen simultaneous pressure measurements can be displayed on a user supplied computer and the information data logged.

Two modes of operation are available:

Mode 1: 16 general purpose channels (350mm H20), with a common reference, suitable for monitoring both wet and dry systems.

Mode 2: 14 general purpose channels as above, plus 2 differential high sensitivity channels (125mm H20 differential), for accurate measurement of low differential pressures (suitable for dry air only).

Description - H14/2

The pressure monitor points are located on the front panel of the unit, with adapters to allow flexible plastic tubing to be attached. Two different sizes of tubing can be used (2mm and 3mm inside diameter). This tubing connects to the test points on the equipment being monitored.

The manometer system connects to the customer supplied computer using a USB interface. The measured pressures are displayed on the computer screen in both numeric and bar chart format.

Sophisticated software is provided with facilities to:

- Display the data from the 16 channels in real time
- Record data either on operator request, or at constant sampling periods
- Define the data sampling periods to be used
- Record data onto the computer for later retrieval, including the option to record the data in Excel format
- Display tables and graphs of the captured data, with real time updates
- Calibrate and scale the individual measurement channels
- Zero the data channels before taking measurements

Ordering Specification

- Electronic multiple channel pressure measurement system designed to replace liquid manometer banks
- 16 simultaneous measurements displayed on a PC (not supplied)
- Sophisticated software included, for logging, recording and displaying data
- 16 channels of 350mm H20 capacity, or 14 channels of 350mm plus 2 channels of 125mm H20 differential

Technical Details

General purpose channels:	
Range:	0 to 350mm H_20
Repeatability:	0.5mm H_20
Absolute accuracy:	0.5% FSD
Media:	Wet or Dry, non corrosive
High sensitivity channels:	
Range:	0 to 125mm H_20 differential
Repeatability:	0.1mm H_20
Media:	Dry air only

Essential Equipment

Personal computer, with USB interface, running Windows 8 and later.

Requirements

AC mains: Universal input, 100-250V ac, 50-60Hz

Associated Armfield Products

C2: Subsonic Wind Tunnel
F6: Air Flow Studies

H14/2



Overall dimensions

Length	250mm
Width	260mm
Height	113mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H14/2:	0.015m^3	15kg

Ordering codes

- **H14/2**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Pitot Tube - H30

H30-1H / H30-3H - Pitot Tubes

A range of Pitot tubes for the measurement of water velocity in open channels and closed ducts.

Description

Tubes are in stainless steel and mounted on a supporting body with scale. They are supplied with a watertight gland for installation below water level.

In order to measure velocity, the Pitot tubes must be connected to a manometer, such as the Armfield H12-8 or H12-9.

When used with the H12-9, the range is 0 - 5.2m/s. When used with the H12-8 the range is 0 - 19.8m/s

Ordering Specification

- **H30-1H:**
  - 150mm Pitot tube
  - 150mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-2H:**
  - 300mm Pitot tube
  - 300mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-3H:**
  - 450mm Pitot tube
  - 450mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand
H12-8: Portable pressure meters
H12-9: Portable pressure meters





Overall dimensions

See Order Specifications

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H30-1H / H30-2H / H30-3H	0.1m³	5kg

Ordering codes

▶ **H30-1H** ▶ **H30-2H** ▶ **H30-3H**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Propeller Velocity Flowmeter - H33 / H33-10

H33 - Propeller Velocity Flowmeter

Used to measure very low point-velocities in water and other conductive fluids, this flowmeter uses the impedance of a rotating multi-bladed propeller to indicate rotational speed caused by the flowing fluid.

Description - H33

The fine diameter of the sensing head enables the meter to be used in small ducts and channels with an ability to measure fluid velocity as low as 25 mm/sec.

A probe and digital indicator are required in combination to perform measurements but the digital indicator is supplied separately from the probes to allow an appropriate probe to be selected to suit specific applications.

Miniature Propeller Probes (H33-1/H33-2/H33-3)

Each probe consists of a sensing head that is mounted at the end of a slim stainless steel stem. A co-axial connector at the top of the stem allows the probe to be connected to the H33-10 Digital Indicator.

The sensing head consists of a 5-bladed propeller that runs in jewelled bearings. The propeller is able to rotate freely within a protective shrouded cage. An insulated gold electrode terminates 0.1mm from the tip of the rotating blades and detects the change in electrical impedance as each blade passes. As there is no physical contact between the electrode and blade, the propeller can rotate freely and respond to low velocity of the surrounding fluid.

Technical Details H33

Rotor:	11.6 mm diameter, machined plastic (balanced)
Spindle:	Hardened stainless steel with conical ends
Bearings:	Synthetic sapphire vee jewels
Cage:	Nickel plated bronze
Stem:	Stainless steel
Electrical connector:	Co-axial
Weight:	0.20kg
Immersion length:	420mm maximum

Capabilities

- Measurement of velocity in clean conductive fluid within the range 25 to 1500mm/sec (up to 3000mm/sec with the high speed probe)
- Operation in confined spaces with limited intrusive effects
- Suitable for both laboratory and field applications - battery powered (rechargeable) and fully portable
- Measurements are indicated on the digital display and may be connected to a data logger for later analysis

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand with mountings

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H33/1/2/3:	0.1m^3	2kg
H33-10:	0.1m^3	5kg

H33-10 - Digital Indicator

The digital indicator has been developed for use with the miniature propeller probes H33-1/2/3 where laboratory or field measurement of water velocity is required.

Description - H33-10

The digital indicator may be battery powered or mains powered using the standard power adaptor supplied. The power adaptor is intended for world-wide use and has four interchangeable plugs to suit all regions. The unit can operate on 110 Volts or 230 Volts at 50Hz or 60Hz.

When connected to an appropriate probe, the unit will indicate frequency of the pulses from the propeller that can be converted to water velocity using the calibration chart supplied with the probe. The unit can be programmed to read water velocity directly in units of cm/sec by entering a calibration constant for the probe in use (obtained from the chart supplied with each probe). Alternatively the unit can be programmed to count the pulses continuously, allowing averaging of the velocity measurement over a longer (user defined) period.

A 0-5 V DC output allows the unit to be connected to a suitable data logger to provide a permanent record of the variations in water velocity with time. A co-axial lead, 3 metres long, is supplied with the digital indicator for connecting it to any of the miniature propeller probes described above.

Technical Details H33-10

Power:	Four AA rechargeable batteries (supplied)
Battery life:	Typically 300 hrs on full charge
Display:	3-digit liquid crystal
Controls:	On/off switch, sample time switches for 1 & 10 seconds
Input:	Miniature socket for co-axial cable from probe
Output	0-5V DC
Case size:	190 x 136 x 55mm overall Moulded ABS plastic
Weight:	0.55kg with batteries fitted



H33-10 Flow meter shown with probe

Ordering codes

▶ **H33** ▶ **H33-1** ▶ **H33-2** ▶ **H33-3** ▶ **H33-10**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Wave Probe System - H40-MKII

H40-MKII - Wave Probe System

The H40-MKII is suitable for use in:

2D flume: For this configuration, the wave probes are supplied with a mounting block allowing the calibration stem, that is fixed to the wave probe head, to be attached to any vertical surface.

3D wave basin: For basins, The H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod is used for mounting the 600 to 1200 mm wave probes. For shallow water up to 1m depth, a smaller stand to fit 300 mm wave probes is available.

Description - H40-MKII

The H40-MKII Wave Probe Case contains the signal conditioning circuitry for up to eight wave probes and a network connection to allow a computer to configure the probes. If more than eight probes are required to be used at the same time in the physical model then multiple cases can be linked together, so that only one computer is required for configuration.

The input connections for the wave probes are provided using 4mm sockets on one face of the case. The opposite face has connections to allow the device to be directly connected to a computer via an Ethernet cable and to an existing data acquisition system using analogue signal outputs. The unit is powered from an external 24Vdc laptop-style power supply.

The wave probe case is set up using a built-in web page which is accessed from the PC using the network connection. Whilst testing is underway the data acquired by the instrument is also transmitted over the network connection for collection by appropriate software(not supplied by Armfield).

The wave probe operates by measuring the current that flows between two stainless steel wires that are immersed in water. This current is converted to an output voltage that is directly proportional to the immersed depth. Each wave probe case contains the energising and sensing circuits for the operation of eight wave probes and provides an output voltage (0-5V) for all eight channels on a 16-way output connector. In order to avoid polarisation effects at the probe, a high frequency square wave is used to energise the probe.

Adjacent probes are set to different frequencies to allow probes to be used close together without causing any interference. Each wave probe channel contains circuitry designed to compensate for the resistance of the cable that connects the probe to the wave probe unit. Without this compensation, the output of the wave probe monitor would be non-linear.

The probe output voltage is converted to a digital reading using an analogue to digital converter and the readings are batched and transmitted over the network in packets of data at a rate of 100 samples per second. The configuration process allows the user to set the output level for a given initial probe immersion. This enables the user to scale the output, from zero (no water over probe) to maximum output for a desired full scale immersion.

The wave probes comprise two parallel stainless steel rods with a plastic head and foot. The head is fixed to the calibration stem and a mounting block is supplied that allows the calibration stem to be fixed to any vertical surface.

Overall dimensions

Length 250mm / **Width** 100mm / **Height** 40mm

Packed and crated shipping specifications		
H40-MKII	0.1m^3	3kg

Features / benefits

- Extremely linear output
- No hysterisis
- Reliable, proven design, easily calibrated
- Longer distances from the data acquisition PC can be achieved by linking two wave probe cases together
- Suppled with 8 channels as standard
- Data can be logged directly into a computer via the network link

Technical specification (Wave probe case)

Case configuration:	8 channels (wave probes)
Output signals:	EtherNET digital output comms cable network to data acquisition PC 0-5 V via 16-wayIDC connector
Excitation frequency:	3 kHz to 11 kHz
Filter band width:	-3 dB at 2 0Hz
Supply voltage:	220 or 110 V ±10% 40-60 Hz
Trigger function:	+5 V input signal trigger

Technical specification (Wave probe)

Active working range:	300, 600, 900, 1200mm
Probe diameter (300mm):	1.6mm
Probe diameter (600, 900,1200mm):	6.0mm
Probe cable length:	30m (Supplied)

Requirements

1Ph

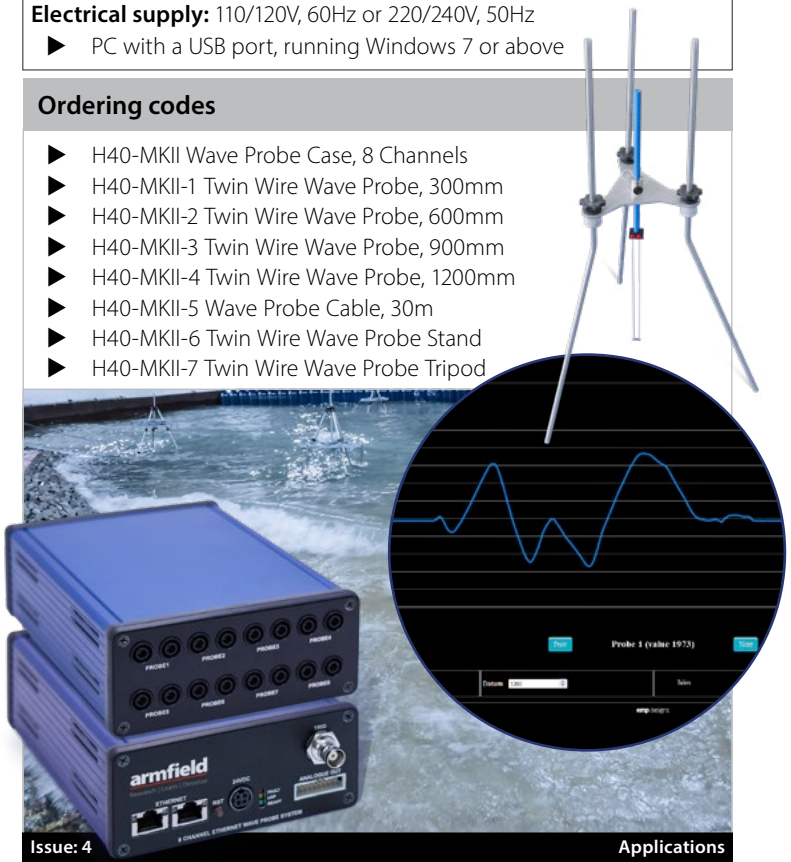
Electrical supply: 110/120V, 60Hz or 220/240V, 50Hz

- PC with a USB port, running Windows 7 or above

Scale

Ordering codes

- H40-MKII Wave Probe Case, 8 Channels
- H40-MKII-1 Twin Wire Wave Probe, 300mm
- H40-MKII-2 Twin Wire Wave Probe, 600mm
- H40-MKII-3 Twin Wire Wave Probe, 900mm
- H40-MKII-4 Twin Wire Wave Probe, 1200mm
- H40-MKII-5 Wave Probe Cable, 30m
- H40-MKII-6 Twin Wire Wave Probe Stand
- H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Laser PIV System - H41

Description

The H41 consists of two main assemblies: the nanoLase light sheet projector and the rtCam camera, with built-in timing synchroniser. The rtCam interfaces to the rtControl software package, which runs on a standard PC under Windows XP (not supplied by Armfield).

The nanoLase consists of a low-power solid-state laser, together with optics to form the beam into a ~3mm thick, 45° wide light sheet. The laser is modulated to produce pairs of pulses, with an adjustable delay (known as Δt) of between 100µs and 5s. Both the pulse separation and pulse width can be set directly from the rtControl software.

The nanoLase and rtCam are arranged orthogonally around the flow to be measured, with the laser being used to illuminate flow-following 'seeding' particles that have been mixed into the water. The system is supplied with 100g of 100µm polyamide particles, which are suitable for the majority of water-based flows. These particles scatter light toward the rtCam, which acquires a pair of images every time the laser emits a pulse pair.

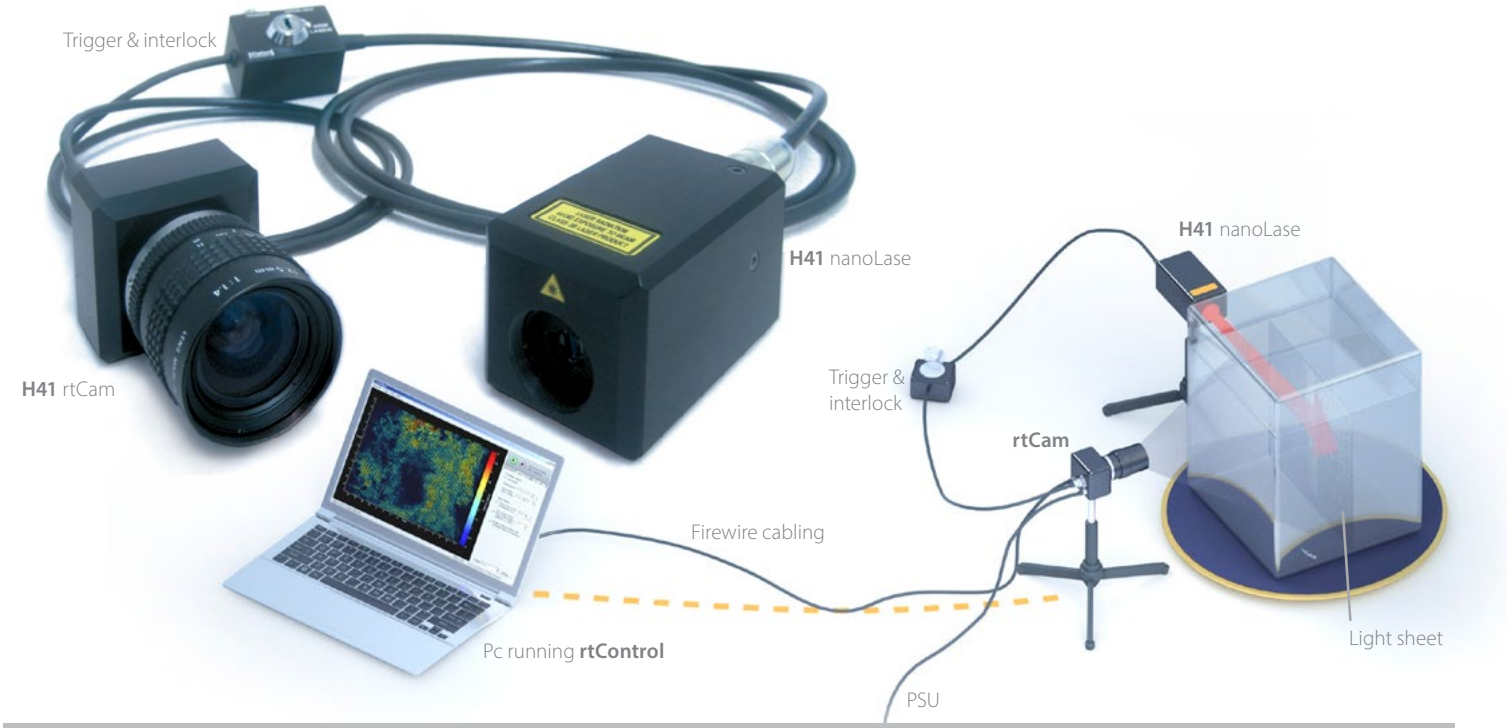
Each pair of particle images are immediately sent to the control PC using a standard FireWire (IEEE 1394) connection. The rtControl software then subdivides the images into 'tiles', which are cross-correlated in order to measure the displacement of the seeding particles in that area.

Because the delay between the images is known, a velocity map can be calculated for the whole of the camera's field of view. While most PIV systems take several minutes to get to this point, rtCam and rtControl can repeat the entire process up to 16 times a second.

In addition to the real-time velocity vector maps, rtControl can calculate and display derived statistical data (such as vorticity or time-averaged velocity) with options to superimpose vectors, scalars, and video on top of each other. Similarly, there are options to record data as either raw images (in BMP format), or as processed vectors or scalars (in AVI movie, CSV spreadsheet, or Matlab® archive format). Previously recorded data sets can be loaded into rtControl for subsequent display and analysis.

Both the rtCam and the nanoLase are fitted with standard mountings suitable for a selection of different mounting mechanisms. The system is supplied with one small desktop tripod; larger tripods and various snake-arm mounts are available as accessories. Also available are purpose-designed mounts designed for use with Armfield flow channels.

The system is provided complete with all cables and packed into an aluminium flight case for safe storage and easy transport.



Features

- The H41 uses particle image velocimetry (PIV) to measure, non-intrusively, fluid velocities at multiple points in a flow, at a rate of up to 16Hz.
- The compact and portable hardware (which uses a safe, non-pulsed Class 3b laser) and extremely easy-to-use software with real-time display, make this an ideal tool for undergraduate teaching and demonstration.
- With its sophisticated multipass processing, the H41 matches the performance of higher power PIV systems costing several times more. It is therefore also an ideal, cost-effective tool for experimental fluid dynamics research.
- The intuitive software provides a wide range of processing, display and recording functions for both velocity and derived statistical data, using a standard PC.

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

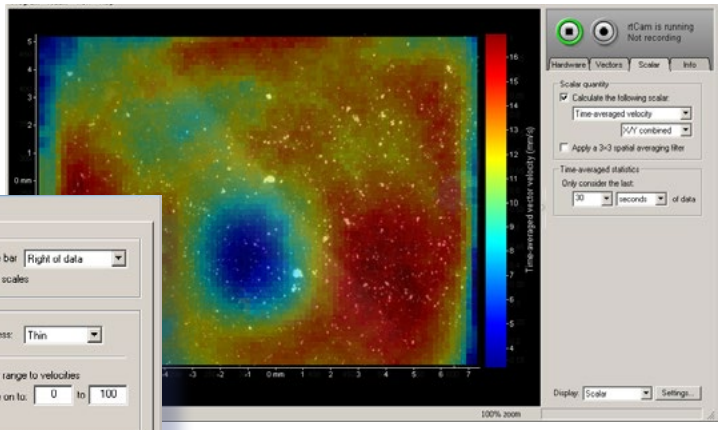
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Technical specifications

Lasers:	▶ Solid-state air-cooled 200mW, 660nm laser diode (Class 3b) ▶ Standard optics produce a ca 3mm thick, 45° light sheet (ca 200mm wide at 250mm) ▶ Interchangeable 20° light sheet optic available (H41-3) ▶ Pulse separation (Δt) of between 100µs and 5s (in steps of 10µs) ▶ Pulse width of between 10µs and 32ms (in steps of 10µs)
Camera:	▶ Super-sensitive VGA CMOS sensor: - 640x480, 6.0µm pixels (1/3" format); - ~50% quantum efficiency at 660nm; - 75-110dB dynamic range; - 4.8 V/lux-sec sensitivity ▶ Trigger input enables image pair acquisition to be synchronised with external events ▶ Accepts standard CS or C-mount lenses (12.5mm f/1.4 lens supplied) ▶ Camera exposure can be linked to the laser's pulsing, thereby enabling operation in a lit room

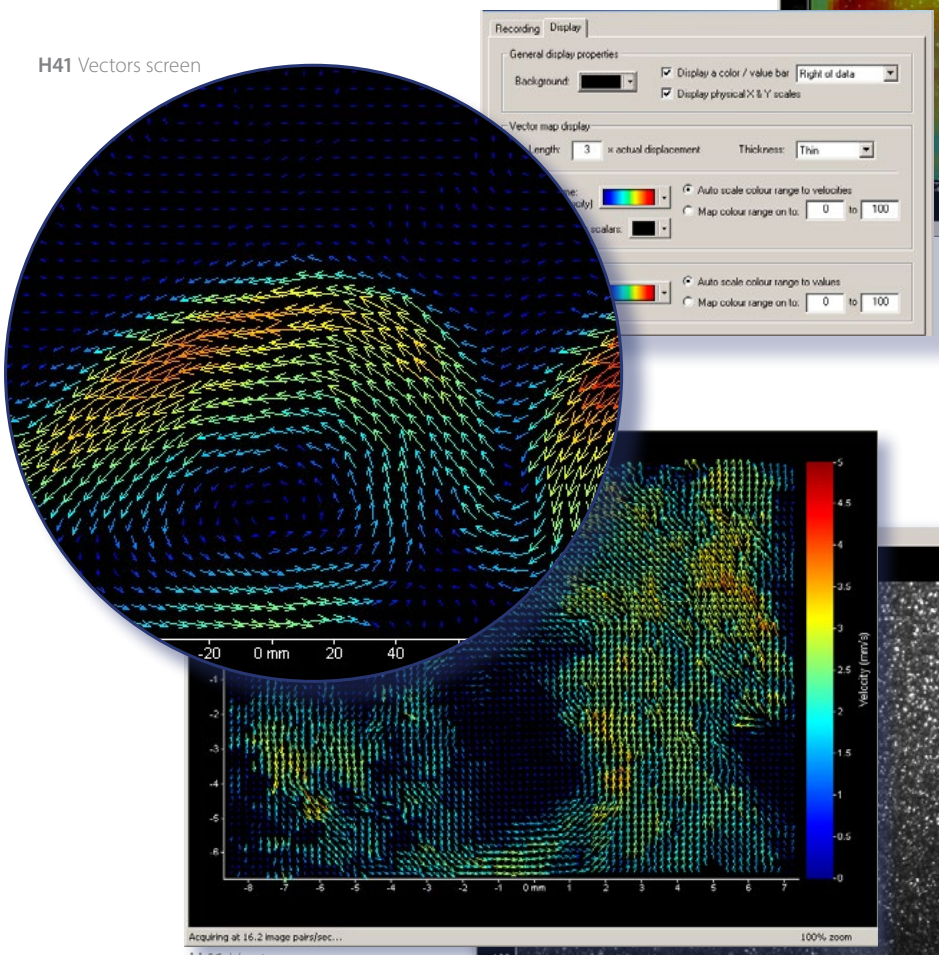
Software processing

- ▶ Data refresh and recording rate up to 16Hz (dependent on the computer speed, the selected acquisition and PIV analysis parameters and the recording taking place)
- ▶ Real-time, or offline, two-component vector calculation
- ▶ Single-pass or adaptive multipass cross-correlation with 8, 12, 16, 24, 32 or 64 pixel window sizes
- ▶ 0% or 50% window overlap (ie maps of up to 19,000 vectors)
- ▶ Optional vector interpolation and filtering based on:
  - User-supplied velocity limits
  - RMS of neighbouring vectors' values
- ▶ Calculation of the following derived scalars:
  - Vector angle and magnitude
  - Vorticity and swirl
  - Time-averaged mean velocity
  - RMS and turbulence intensity
- ▶ Where applicable, vector component and statistical sample number are user-defined

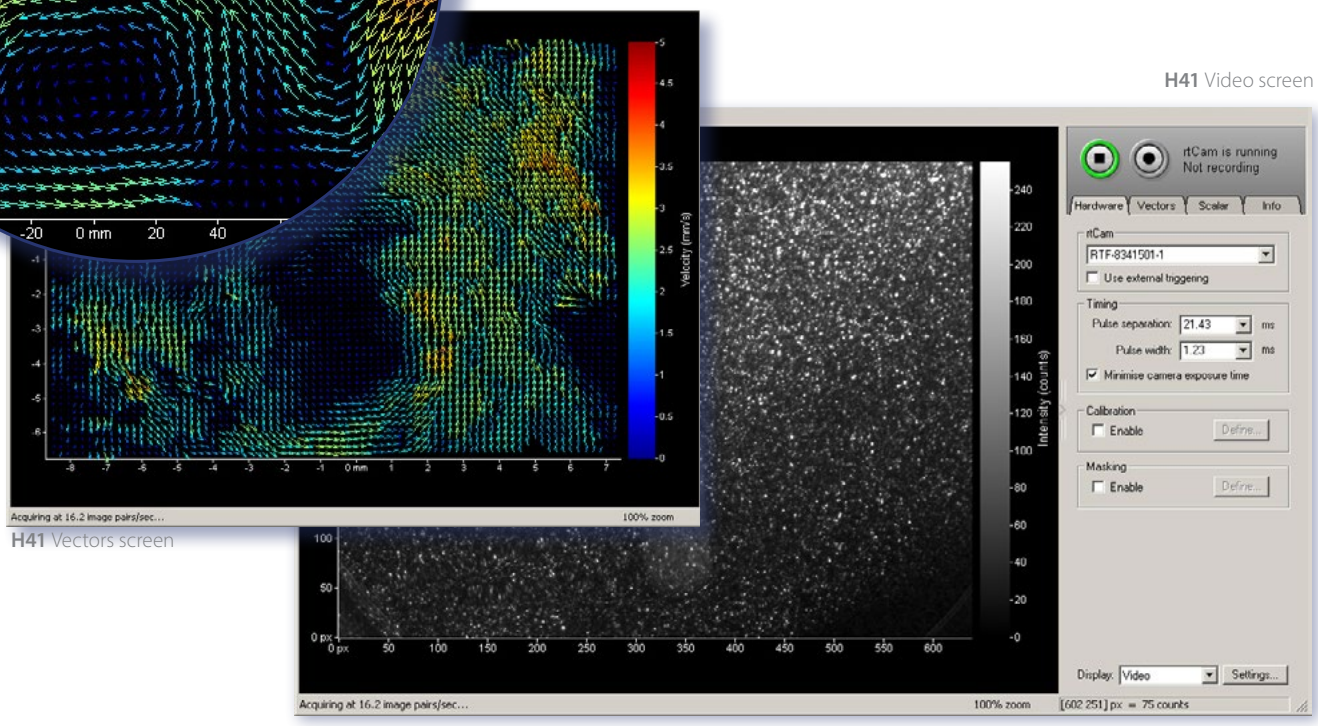


H41 Scalar screen

H41 Vectors screen



H41 Video screen



H41 Vectors screen

Options

- A range of further options are available to suit specific user applications, including:
- Waterproof enclosure for the rtCam, to enable complete submersion in water, eg for use with a large towing tank
- Flashlamps can be supplied in place of the nanoLase, for surface velocimetry measurements
- Higher power versions of the nanoLase are available for measuring larger areas or faster flows
- The rtCam can be supplied with macro or telephoto lenses
- A light-sheet thickness adjuster is available for micro-PIV measurements

Please contact Armfield for further details of these options.

Requirements



Scale



- Electrical supply:
  H41-1-A, H41-2-A: 220-240V/1ph/50Hz
- Voltage Variants:
  H41-1, H41-2: 90-264V, 47-63Hz
- A PC running Windows 98 or above, with a FireWire port. Laptop FireWire ports require a suitable four to six-pin cable.
- It is recommended the PC has at least 2GB RAM with a processing speed of at least 2GHz. The display resolution should be at least 1024x768, true colour.
- The data refresh rate achievable is dependent on the specification of this computer. For example, to achieve 16Hz data refresh and recording rate, a 2.66GHz Intel dual core processor or better is required, and the hard drive must support sustained writes at 9.5 Mb/s.

Overall dimensions

nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.085mm	
Submersible nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.095mm	
rtCam:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.09mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H41-1 / H41-2	0.1 m^3	5kg



Optional accessories

- **H41-3 20° Light sheet Optics for nanoLase**
  The standard 45° light sheet optics can be replaced with item H41-3 in order to produce a narrower 22° fan angle. This can be useful in cases where the nanoLase needs to be placed farther away from the measurement area.
- **H41-5 1.5m tripod for rtCam**
- **H41-6 Snake-arm with magnetic base for nanoLase**
- **H41-7 Snake-arm with G-Clamp base for nanoLase**
- **C4-12 Mounting system for Armfield**
- **C4-MkII flume** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)
- **S16-12 Mounting system for Armfield S16 Hydraulic Flow Demonstrator** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)

Consumables

- **H41-4** Seeding particles suitable for water flows (200g)

Ordering specification

- Particle Image Velocimetry (PIV) system, comprising a laser light sheet projector, a camera system and processing software
- 200mW (Class 3b) 660nm laser, with variable pulse width and pulse spacing
- 45° light sheet optics as standard with optional optics to produce a 20° sheet
- Real-time 2D display of flow velocity vectors updated at up to 16Hz
- Data can be recorded in video (avi), bitmap (bmp), text (csv) and Matlab (mat) formats
- Option of submersible light sheet projector

Ordering details

H41-1 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation

H41-2 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation with submersible nanoLase light sheet projector

Ordering codes

- **H41-1**
- **H41-2**

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

armfield

Fluid Science - FS series

FS SERIES

Energy Losses - Bends FS-1.3

The Fluid Science range is an innovative suite of products designed to be used to demonstrate energy losses due to the geometry of the flow path enabling High School students to gain an understanding of the fundamentals of Fluid Mechanics and Thermo Fluids by the process of learning via hands-on experimentation.

The Fluid Science Energy Losses in Bends Tray includes experiments to measures the pressure drop across, a smooth bend, a tight bend, a Mitre bend. All the pipe test section are of the same cross section, enabling meaningful comparisons to be made.

The additional energy losses due to the geometry of the flow path can be clearly seen at different flow rates and the relationship to theory can be established.

USED TO DEMONSTRATE ENERGY LOSSES DUE TO THE GEOMETRY OF THE FLOW PATH

Energy Losses in Bends Tray **FS-1.3**



Base Unit supplied separately

Easy to follow instructions



Configurable as hot or cold water supply



Supplied with digital manometer and thermometer



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 1
URL: http://www.armfield.co.uk/fs
Applications
ME ChE CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2023 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Description

The Fluid Science FS-1.3 Energy Losses in Bends Tray provides hands on experimentation designed to demonstrate energy losses due to the geometry of the flow path at different flow rates.

Utilising the FS-SU service unit the experiments rapidly mount onto the multifunctional work panel and is connected to the built-in water supply via quick connect couplings.

The differential pressure reading is taken using a digital manometer against varying flow rates.

The tray includes the following Hydraulic Circuits:

Energy losses in bends

- Shallow bend radii 42mm, 6mm diameter
- Tight bend radii 9mm, 6mm diameter
- Mitre bend, 6mm diameter

Requirements Scale





Electrical supply:

- 100-240V/1 Phase, 50-60Hz

Initial fill of 5ltrs water. Drain to empty water away once experiment is complete. During use, water supply or drainage are not required.

Essential Accessories / Equipment

FS-SU Fluid Science Service Unit



Overall dimensions

Dimensions Stowed – Trays measure	
Length	0.43m
Width	0.312m
Height	0.080m
Dimensions Set Up for Energy Loss in Bends Experiment	
Length	0.21m
Width	0.092m
Height	0.064m
Packed and created shipping specifications	
Net weight	1.41Kg
Gross weight (Tray only)	4.02Kg

Demonstration / instructional capabilities

- Explanation of basic principles such as conservation of mass
- Conservation of energy
- Explain energy loss and frictional loss
- Types of flow steady and unsteady flow, uniform and non-uniform flow etc
- Types of fluid flow regime i.e. laminar, turbulent and transitional flow
- Compare measured pressure drop from 3 different pipe forms, explaining the effect of geometry on pressure drop.
- Using Bernoulli's equation, calculate the pressures and compare results with experimental values.
- Calculate the frictional head loss and pressure drop using Darcy's equation

Features

- Shallow bend radii 42mm, 6mm diameter
- Tight bend radii 9mm, 6mm diameter
- Mitre bend, 6mm diameter
- Differential pressure reading obtained using digital manometer
- Highly visual design

Benefits

- Applied student learning via experimentation
- Common service unit can be used for either hot or cold-water supply
- Tool-less assembly
- Designed to be highly visual and simple to use
- Quick setup
- Suitable for both classroom and laboratory environment

Related products

Fluid Science Range

- FS-SU Service Unit
- FS-1.1 Flow Measurement
- FS-1.2 Energy Losses - Straight Pipes
- FS-2.1 Manometer - Inclined
- FS-2.2 Manometer - U tube
- FS-3.1 Heat Exchanger - Shell and Tube
- FS-3.2 Heat Exchanger - Tubular
- FS-3.3 Heat Exchanger - Cross Flow
- FS-3.4 Heat Exchanger - Plate
- FS-4.1 Fluidised Bed

Ordering codes

FS-SU
FS-1.3

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company
CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

FS SERIES

Energy Losses - Straight Pipes FS-1.2

USED TO DEMONSTRATE ENERGY LOSSES DUE TO THE GEOMETRY OF THE FLOW PATH

The Fluid Science range is an innovative suite of products designed to demonstrate energy losses due to the geometry of the flow path.

This enables students to gain an understanding of the fundamentals of Fluid Mechanics and Thermo Fluids by the process of learning via hands-on experimentation.

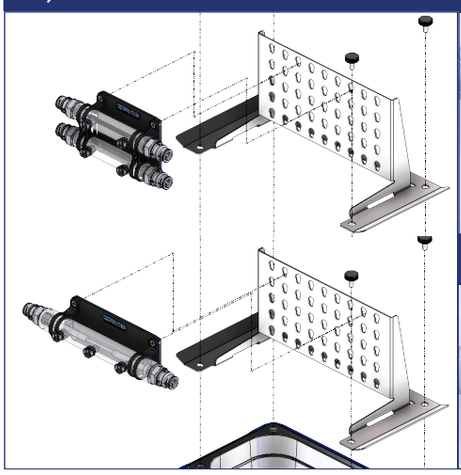
The Fluid Science Energy Losses in Straight Pipes Tray includes experiments to measure the pressure drop across an expansion and contraction and an internal artificially roughened pipe. All except the stepped pipe test section are of the same cross section, enabling meaningful comparisons to be made. The additional energy losses due to the geometry of the flow path can be clearly seen at different flow rates and the relationship to theory can be established.



Energy Losses - Straight Pipes Tray **FS-1.2**

Base Unit supplied separately

Easy to follow instructions



Internally roughened pipe



Expansion and contraction pipe



Supplied with digital manometer and thermometer



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 1
URL: http://www.armfield.co.uk/fs

Applications: ME ChE CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2023 Armfield Ltd. All Rights Reserved

armfield.co.uk

EF_Fluid_Science_EnergyLoss_StraightPipes_1_2_v1b.indd 1 14/02/2023 17:39:38

Description

The Fluid Science FS-1.2 Energy Losses in Straight Pipes Tray provides hands on experimentation designed to demonstrate energy losses due to the geometry of the flow path at different flow rates.

Utilising the FS-SU service unit the experiments rapidly mount onto the multifunctional work panel and is connected to the built-in water supply via quick connect couplings. The differential pressure reading is taken using a digital manometer against varying flow rates.

The tray includes the following Hydraulic Circuits:

- Smooth and Roughened pipe 6mm diameter
- Contraction and expansion 8mm – 4mm – 8mm diameters

Requirements Scale





Electrical supply:

- 100-240V/1 Phase, 50-60Hz

Initial fill of 5ltrs water. Drain to empty water away once experiment is complete. During use, water supply or drainage are not required.

Essential accessories / equipment

FS-SU Fluid Science Service Unit



Overall dimensions

Dimensions stowed – Trays measure	
Length	0.43m
Width	0.312m
Height	0.080m
Dimensions set up for smooth and rough bore	
Length	0.21m
Width	0.092m
Height	0.064m
Dimensions set up for stepped bore pipe	
Length	0.21m
Width	0.092m
Height	0.064m
Packed and crated shipping specifications	
Net weight	1.41Kg
Gross weight (Tray only)	4.02Kg

Demonstration / instructional capabilities

- Explanation of basic principles such as conservation of mass
- Conservation of energy
- Explain energy loss and frictional loss
- Types of flow steady and unsteady flow, uniform and non-uniform flow etc
- Types of fluid flow regime i.e. laminar, turbulent and transitional flow
- Compare measured pressure drop from 3 different pipe forms, explaining the effect of geometry on pressure drop.
- Using Bernoulli's equation, calculate the pressures and compare results with experimental values.
- Calculate the frictional head loss and pressure drop using Darcy's equation

Features

- Smooth and Roughened pipe 6mm diameter
- Contraction and expansion 8mm – 4mm – 8mm diameters
- Differential pressure reading obtained using digital manometer
- Highly visual design

Benefits

- Applied student learning via experimentation
- Common service unit can be used for either hot or cold-water supply
- Tool-less assembly
- Designed to be highly visual and simple to use
- Quick setup
- Suitable for both classroom and laboratory environment

Related products

Fluid Science Range

- FS-SU Service Unit
- FS-1.1 Flow Measurement
- FS-1.3 Energy Losses - Bends
- FS-2.1 Manometer - Inclined
- FS-2.2 Manometer - U tube
- FS-3.1 Heat Exchanger - Shell and Tube
- FS-3.2 Heat Exchanger - Tubular
- FS-3.3 Heat Exchanger - Cross Flow
- FS-3.4 Heat Exchanger - Plate
- FS-4.1 Fluidised Bed

Ordering codes

FS-SU
FS-1.2

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

armfield

PCT SERIES

PCT SERIES: PROCESS CONTROL TECHNOLOGY

Essentials of Process Control – PCT60–64

The Modern Process Control system from Armfield, allows students to investigate the principles of industrial process control, using independent Temperature, Pressure, Flow, Level and Servo/ Pendulum systems.

An advanced digital controller/logger with USB, Wifi, Bluetooth and LAN communications is built into each set of equipment.

Three sets of Windows PC software are supplied free of charge: Basic control, On/Off control and PID control. Software includes all settings and functions and on-screen graphing of Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd terms in the Control Equation which is displayed dynamically. Data can be viewed on the internal graph or saved to a CSV file for later analysis.

PCT60 - Level Control / **PCT61** - Flow Control / **PCT62** - Temperature Control
PCT63 - Pressure Control / **PCT64** - Servo Pendulum

Link to PCT



Key Features of the Essentials of Process Control Range

- Understanding the drive/sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P, PI and PID control
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/LabVIEW
- Servo pendulum - angle control

Issue: 2
URL: http://www.armfield.co.uk/pct50

Applications: ChE ME IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

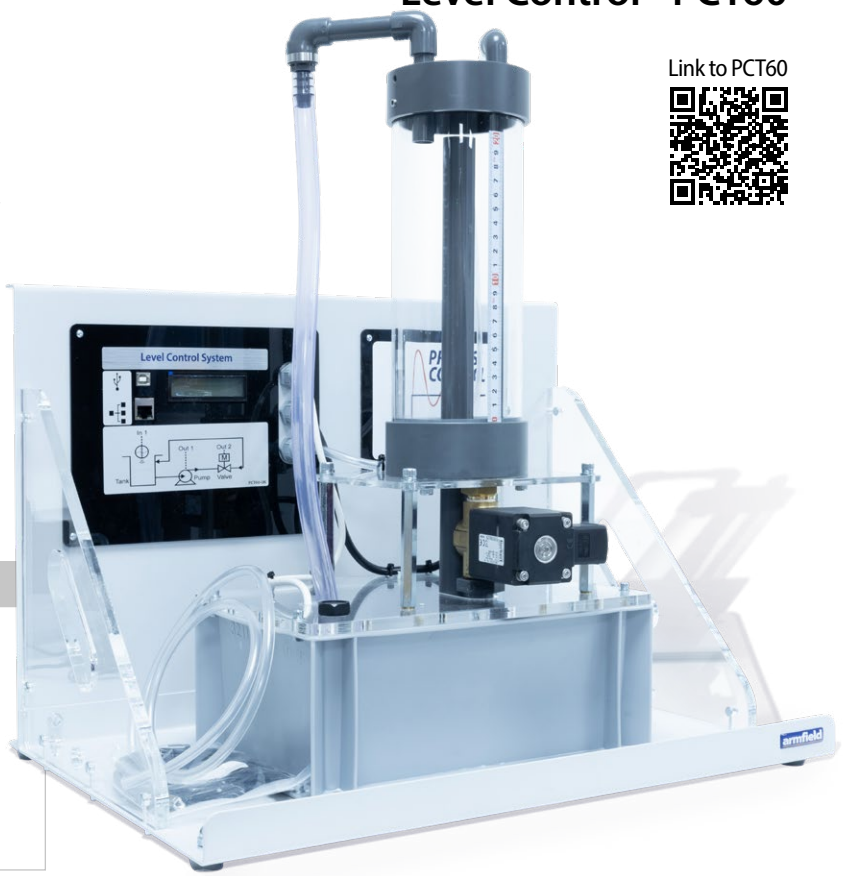
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

armfield.co.uk

PCT SERIES

Level Control - PCT60

Link to PCT60



Level control is a fundamental aspect of process control in various industries, including chemical, petrochemical, food and beverage, water treatment, and more. Understanding level control is essential for students pursuing careers in engineering, process automation, or any field related to these industries.

The Armfield PCT60 level control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The Level system consists of a reservoir water tank, a variable speed pump, a pressure-based level sensor, and a clear process vessel with a scale. A proportional valve provides the process vessel drain.

An overflow pipe in the process vessel prevents it from being overfilled and the system allows students to adjust the pump speed and valve opening.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth & LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd.
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/LabVIEW

Ordering specifications

PCT60 Level Control Process

A level control process trainer, comprising:

- 4mm x 1.5mm wall clear PVC tube (300mm)
- 24V PSU 60w 2.5a
- Level process control system assembly
- Barley pot for process control
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

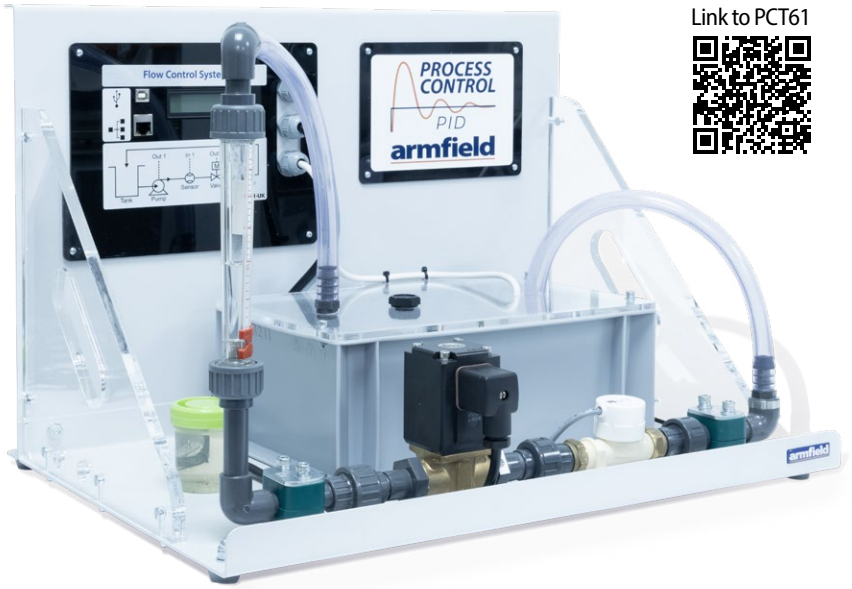
PCT60-UK: Level Process Control System
PCT60-EU: Level Process Control System
PCT60-USA: Level Process Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Flow Control - PCT61



Link to PCT61

Flow process control is a critical aspect of various industries, including chemical, petrochemical, manufacturing, and food production.

Students who understand flow control principles are better prepared for careers in these fields.

Proper flow control is essential for optimizing production processes. Students learn how to regulate the flow of materials or fluids in a way that minimizes waste, maximizes product quality, and improves overall process efficiency.

The PCT61 Flow control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The Flow system consists of a water tank, variable speed pump, a turbine type flow sensor, an electrically operated proportional valve and a variable area flow meter (rotameter).

This allows students to adjust the flow rate via the pump speed and the valve opening to develop a PID based control system.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control.
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB LabVIEW

Ordering specifications

PCT61 Flow Control Process

A flow control process trainer, comprising:

- 4mm x 1.5mm Wall clear PVC tube (300mm)
- 24V PSU 60w 2.5a
- Flow process control assembly
- Barley pot for process control
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On / Off Control software allowing control of each system with a simple on off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT62: Temperature Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

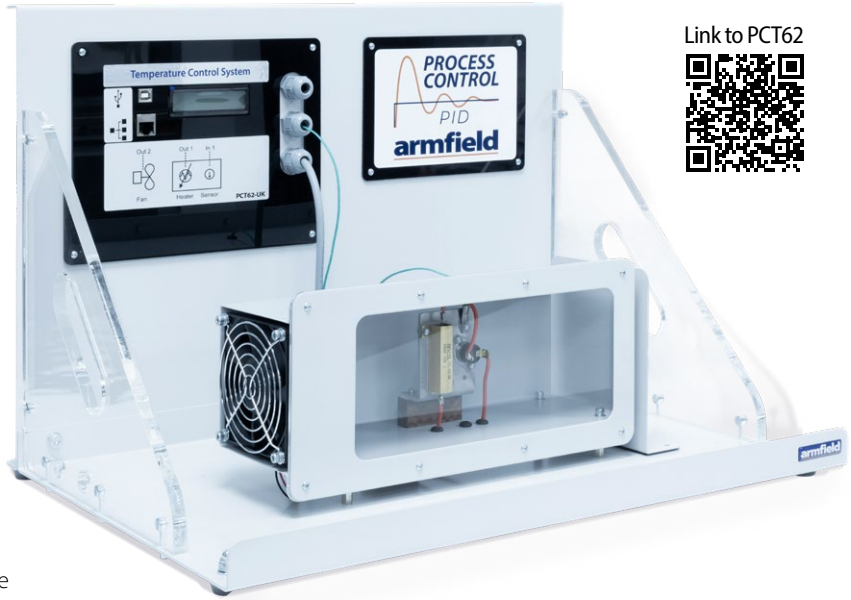
PCT61-UK: Flow Control System
PCT61-EU: Flow Control System
PCT61-USA: Flow Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Temperature Control - PCT62



Link to PCT62

Temperature control is a critical aspect of many industries, including chemical, pharmaceutical, food and beverage, manufacturing, and HVAC (heating, ventilation, and air conditioning). Understanding temperature control is crucial for students pursuing careers in these industries.

Proper temperature control can help industries reduce energy consumption and operating costs. Students learn how to optimize temperature control systems to minimize energy waste and environmental impact.

The Armfield PCT62 temperature control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The temperature process control system includes a heated plate within a duct and a thermocouple. A fan at one end of the duct blows ambient air over the block, to change the control conditions and provide a disturbance to the system.

The system allows users to adjust the heater power and the air flow rate to develop a PID based control system then adjust these parameters to achieve the required time/temperature change profilefor the system in response to step changes in system requirements.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT62 Temperature Control Process

A temperature control process trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Pressure process control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT62-UK: Temperature Control System
PCT62-EU: Temperature Control System
PCT62-USA: Temperature Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Pressure Process - PCT63

Link to PCT63



Teaching pressure process control to students equips them with the knowledge and skills necessary for success in industries where pressure regulation is critical.

It provides a strong foundation in engineering, automation, safety, and problem-solving, making students valuable assets in the workforce while contributing to the efficiency, safety, and quality of industrial processes.

Improper pressure levels can lead to equipment failure, leaks, or even explosions and emphasizes the importance of maintaining safe operating conditions.

The Armfield PCT63 system introduces students to fundamental control concepts, as in feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems. It consists of a variable-speed reciprocating air pump (compressor), the speed of which can be adjusted by the user, a pressure vessel, and an outflow system.

The outflow system allows the air to escape via either a manually operated needle valve - providing an ongoing outflow, or via a solenoid valve and second needle valve - providing a step change in the outflow.

The vessel pressure is measured by a Bourdon-type mechanical gauge along with a pressure sensor. Providing a visual indication of the pressure in the vessel and a means for the user to check and calibrate the controller input from the pressure sensor.

Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays Set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT63 Pressure Control Process

A Pressure control process trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Pressure process control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT62: Pressure Process Control System
PCT64: Servo Pendulum Process Control System

Requirements



Scale



Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT63-UK: Pressure Process Control System
PCT63-EU: Pressure Process Control System
PCT63-USA: Pressure Process Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

Servo Pendulum - PCT64

Link to PCT64

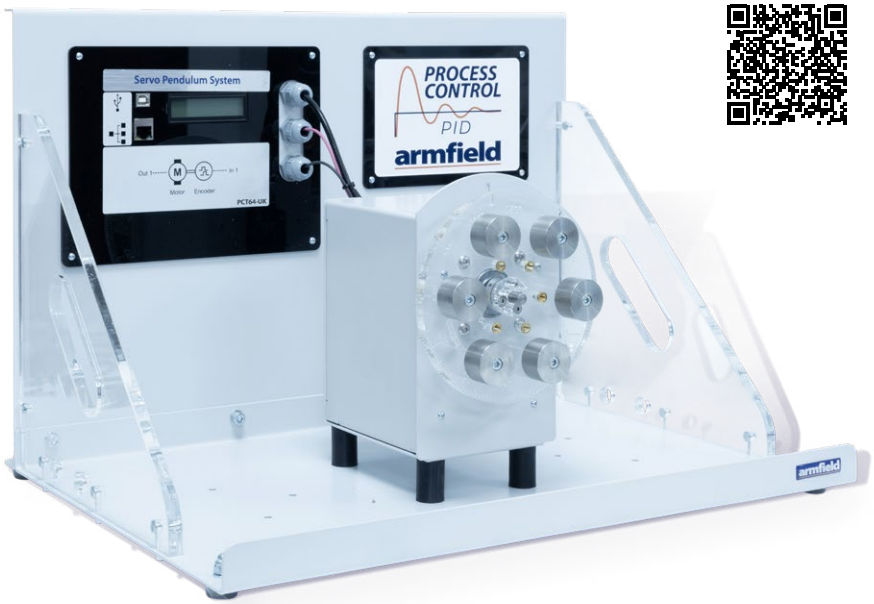
A servo pendulum is a specific type of control system used for applications like pendulum control and inverted pendulum control.

Learning about servo pendulum control systems allows students to see real-world applications of control theory. These systems are used in areas like robotics, aviation, and mechatronics, and understanding them can help students relate theory to practice.

The Armfield PCT64 servo pendulum control system introduces students to fundamental control concepts, such as feedback control, proportional-integral-derivative (PID) controllers, and closed-loop control systems.

The system consists of a powerful DC motor mounted on a rugged frame. A disc with captive nuts is attached to the DC motor and students are able to screw in 100-gram weights to different parts
of the disc to alter the characteristics of the system.

A single weight at 0 degrees forms an inverting pendulum.



Features/Benefits

- USB, WiFi, Bluetooth and LAN communications supplied as standard
- Supplied software includes Basic control, On/Off control and PID control
- Software dynamically displays set point, Process value and Kp, Ki, and Kd
- MATLAB and Labview compatible
- Supplied with full set of manuals and teaching material

Experimental content

- Understanding how to control driving devices
- Understanding the sensors
- On/Off control systems
- System time constant
- P controller
- PI controller
- PID controller
- Zeigler Nichols algorithm
- Integral wind up
- Derivative filter
- Manual tuning
- Interfacing with MATLAB/ LabVIEW

Ordering specifications

PCT64 Servo Process Control System Process

A Servo Pendulum Process Control trainer, comprising:

- 24V PSU 60w 2.5a
- Servo Pendulum control assembly
- USB lead
- Manual Control software allowing low level access to the Drive and Load in each system allowing calibration of sensors and drive systems.
- On/Off Control software allowing control of each system with a simple On/Off algorithm, view software based oscillations and to explore the effects of hysteresis
- PID Control software allowing uses to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to in-putted values

Related products

PCT60: Level Process Control System
PCT61: Flow Process Control System
PCT62: Temperature Process Control System
PCT63: Pressure Process Control System

Requirements

PC | USB

Scale

Mains electrical supply:
110-230V, AC 50-60 Hz.
PC and Display meeting the following minimum specification:

- **Processor:** 1Ghz or faster
- **RAM:** 1Gb or more
- **HDD Space:** 1Gb
- **OS:** 32 or 64bit Windows 7, 8, 10 or 11
- **Display:** Recommended minimum (1920 by 1080) full HD

Overall dimensions	
Length	64cm
Width	45cm
Height	33cm
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.095m^2
Gross weight	12.1kg

Ordering code

PCT64-UK: Servo Pendulum Control System
PCT64-EU: Servo Pendulum Control System
PCT64-USA: Servo Pendulum Control System

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

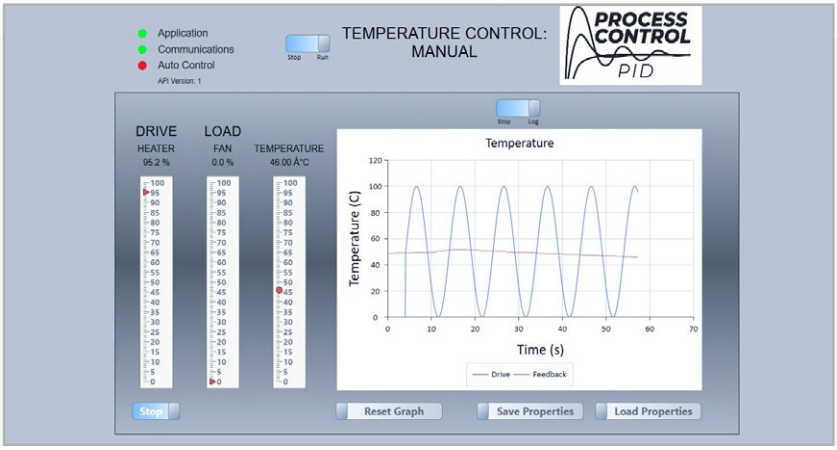
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT SERIES

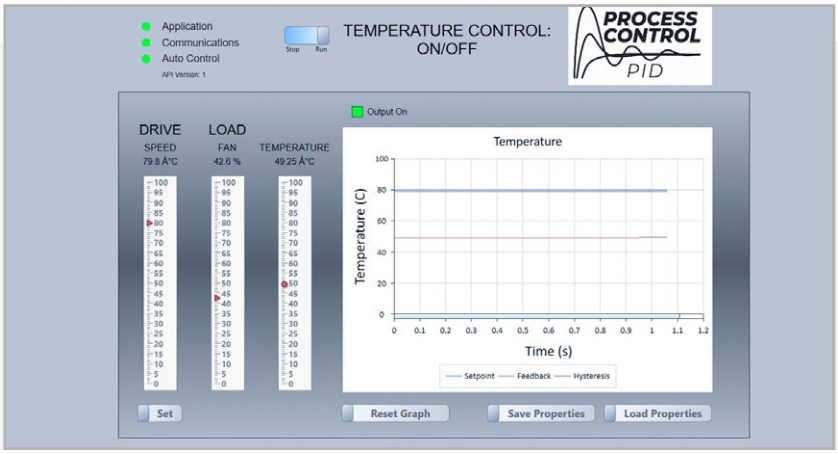
SOFTWARE AND INTERFACING FOR THE ESSENTIALS OF PROCESS CONTROL UNITS

Each process is supplied complete with software that allows it to be controlled using a Windows PC via a USB connection. There are currently 3 software applications available with the unit.

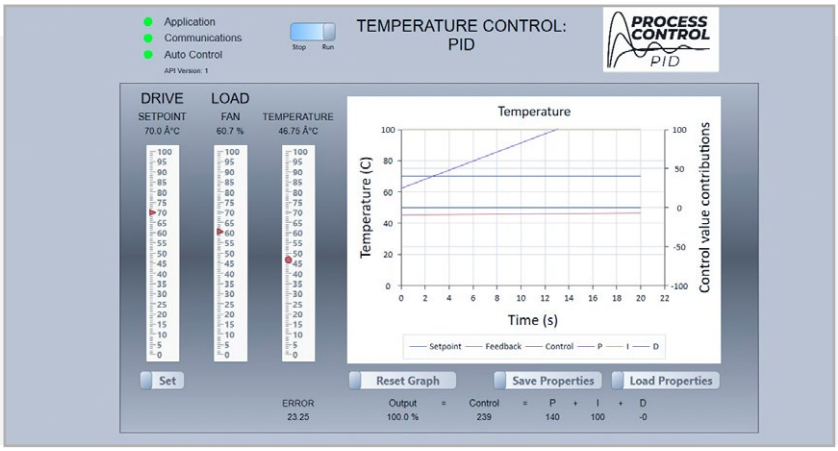
▶ Manual Control gives low level access to the Drive and Load in each system and allows students to calibrate the sensors and drive systems.



▶ On/Off Control allows students to explore controlling each system with a simple on off algorithm, to see the oscillations this produces and to explore the effects of hysteresis.



▶ PID Control allows students to enter values for Kp, Ki, Kd and see how the system reacts to those values.



The MATLAB software is supplied with the unit. The Control functionality is controlled via a USB COM port or Networked connection to the computer. We have provided a library of functions to allow the various aspects of the Control Hardware to be investigated and controlled.

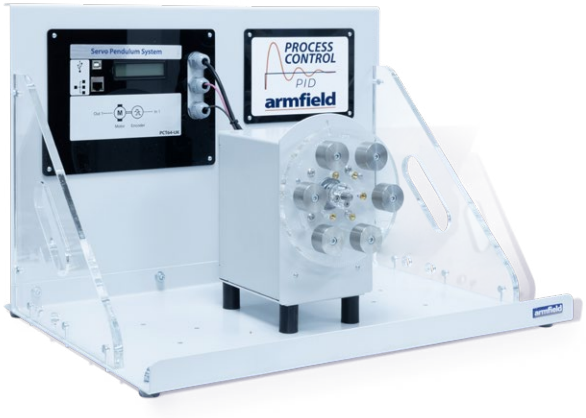
An Application Programming Interface is provided which makes the equipment compatible with MATLAB, Labview or other software.

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfieldinc.com tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2024 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Our Commitment to you

Armfield recognises that it is not enough to just supply quality engineering equipment, but that it must also ensure a complete range of services both pre and post-sale:



- Supplied equipment meets global curriculum requirements
- Expert consultation in laboratory design and layout
- Professional installation and commissioning service
- Comprehensive training for all products in house or on site
- In house trials (industrial and research)
- Two year warranty on all products
- Dedicated aftersales service
- Detailed learning outcomes and experiments supplied with all equipment

armfield worldwide

REPRESENTATIVES IN MORE THAN 80 COUNTRIES

To locate a contact in your area visit:
www.armfield.co.uk/contact-armfield/

Head Office:

Armfield Limited
10 Headlands Business Park,
Ringwood, Hampshire
BH24 3PB England

Telephone: +44 (0)1425 478781
E-mail: sales@armfield.co.uk
Support: armfieldassist.com

U.S. Office:

Armfield Inc.
9 Trenton Lakewood Road
Clarksburg NJ 08510
USA

Tel/Fax: +1 (609) 208-2800
E-mail: info@armfieldinc.com
Support: armfieldassist.com

Knowledge base

> 28 years' expertise in research & development technology
> 50 years' providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company
CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

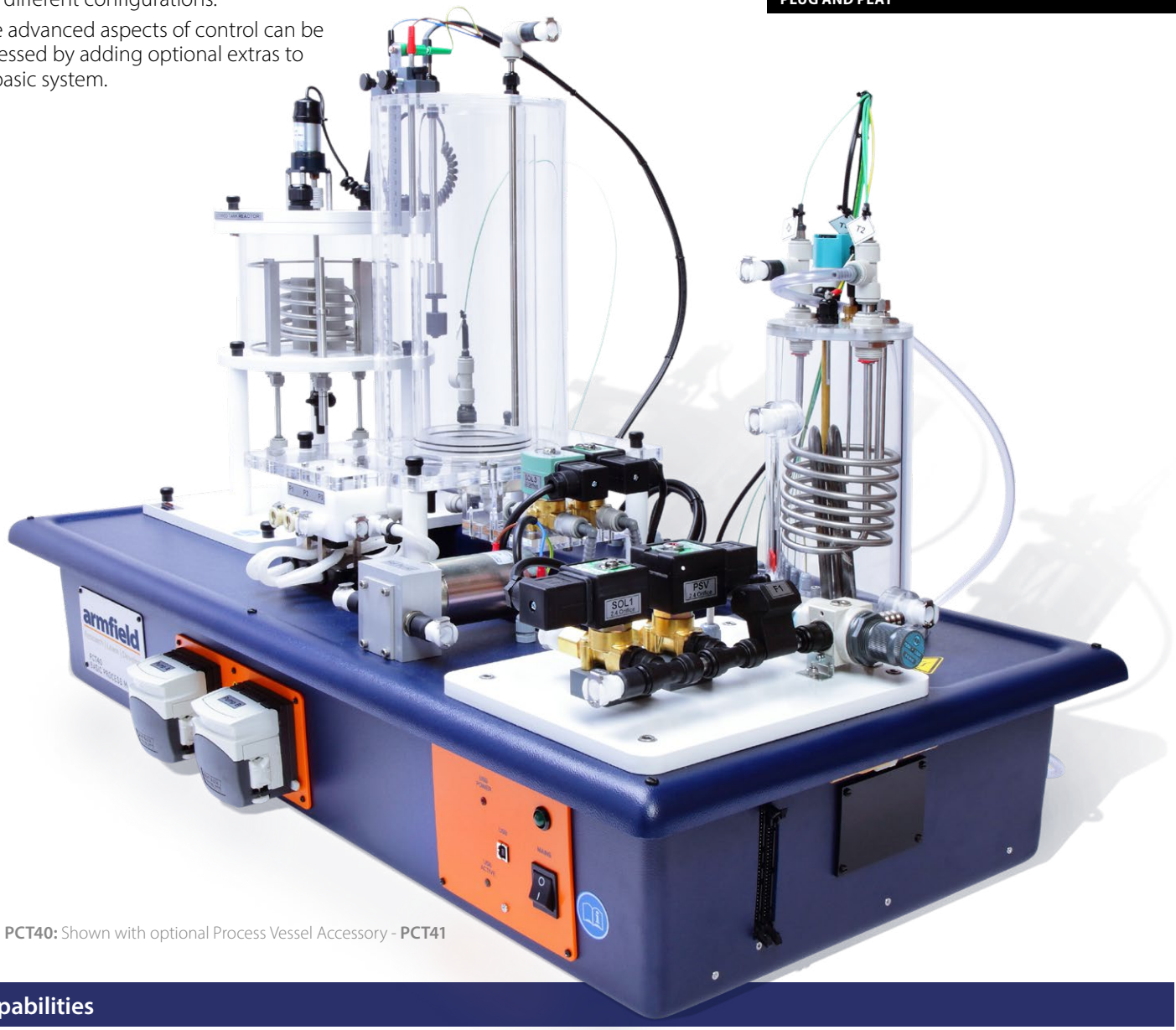
PCT SERIES

Multi-function Process Control Teaching System – PCT40 Range

The Armfield PCT40 system is designed for use in teaching a wide range of process control methods. The software included with the unit allows the student to change the control parameters and analyse the results from different configurations.

More advanced aspects of control can be addressed by adding optional extras to the basic system.

COMPUTER CONTROLLED
VERSATILE AND USER FRIENDLY
LARGE RANGE OF DEMONSTRATIONS
PLUG AND PLAY



PCT40: Shown with optional Process Vessel Accessory - **PCT41**

Capabilities

- The basic PCT40 is used under computer control to demonstrate a variety of single control loops. It can be quickly reconfigured between processes, such as level control, temperature control, flow control and pressure control. The advanced software enables the student to change the control parameters, record results and analyse the results for the different configurations
- The PCT41 expands on the capabilities of the PCT40, and offers a wider range of control loops and strategies, including remote set points, dual loops, and fluid property control (using conductivity). Again all of these are under software control
- Other accessories are available, including a control console with commercial PID controller, plus a pH probe and a pneumatic valve for those wishing to implement specialised demonstrations
- Large range of demonstrations - configurable by the end user
- Computer control as standard
- Computer generated loop disturbances for repeatability, enabling small variations in control parameters to be investigated
- Flexible system, suitable for project work

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 7
URL: http://www.armfield.co.uk/pct40
Applications: ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2019 Armfield Ltd. All Rights Reserved

PCT40 Basic Process Control System

The PCT40 contains everything that is needed to perform a range of single-loop process control experiments in conjunction with a PC.

It includes a variable volume process tank, a hot water tank with electric heater and indirect heating/cooling coil, a hot water pump, two non-dedicated pumps, three on/off solenoid valves and a proportioning valve. The instrumentation includes temperature sensors, two differential water pressure sensors, a mechanical level sensor (float switch) and an electronic level sensor (conductivity). The inlets and outlets of the various pumps, valves and tanks incorporate self-sealing quick release fittings. This enables the configuration to be quickly changed, offering a wide variety of different loops.

The PCT40 includes a computer interface (USB), and all of the parameters can be controlled directly from the computer, ***(i.e. the pump speeds, the valve positions and the heater power).*** The computer also displays the readings from the various measurement sensors.

The software supplied with the unit includes on/off, time proportioned and proportional/integral/derivative (PID) algorithms where all the parameters are easily accessed and adjusted by the user. This approach means that a separate electronic console is unnecessary for most applications.

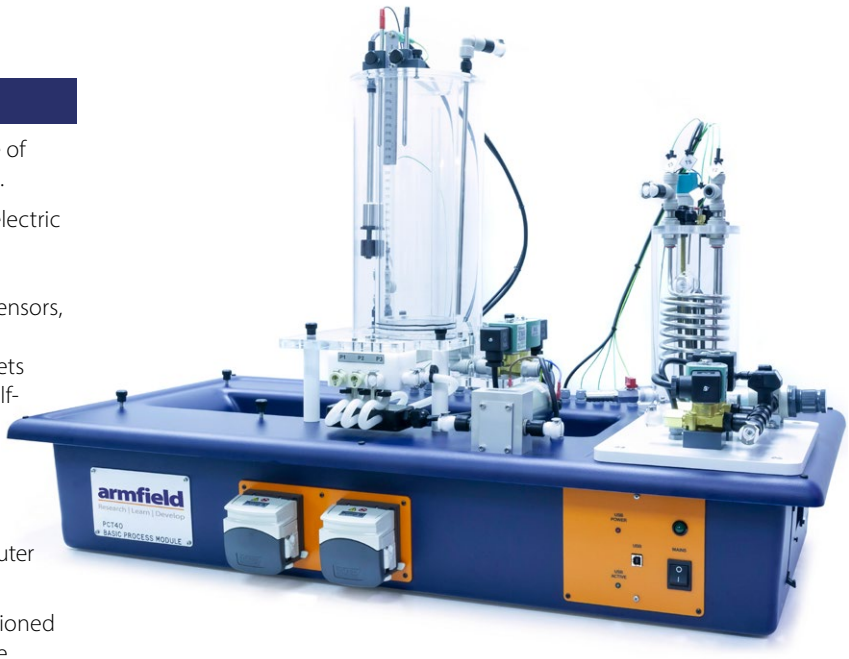
The flexible nature of the system also enables a wide variety of different disturbances to be applied to the loops to permit the effectiveness of the control parameters to be compared. As all these disturbances are under software control, they can be repeated precisely during the optimisation process, thus enabling an excellent degree of fine-tuning to be implemented.

A pressure regulating valve with filter is also included to isolate the equipment from fluctuations in the water supply pressure.

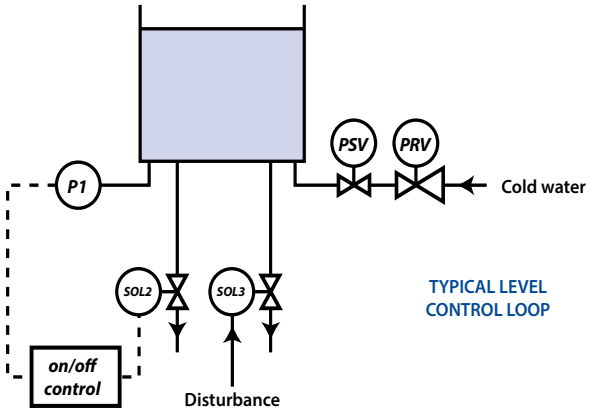
The type of loops achievable with the basic PCT40 include:

- Tank water level by varying input flow
- Water flow rate by varying pump speed
- Temperature of water in a vessel by varying the heater power
- Temperature of water heated indirectly by varying the flow rate

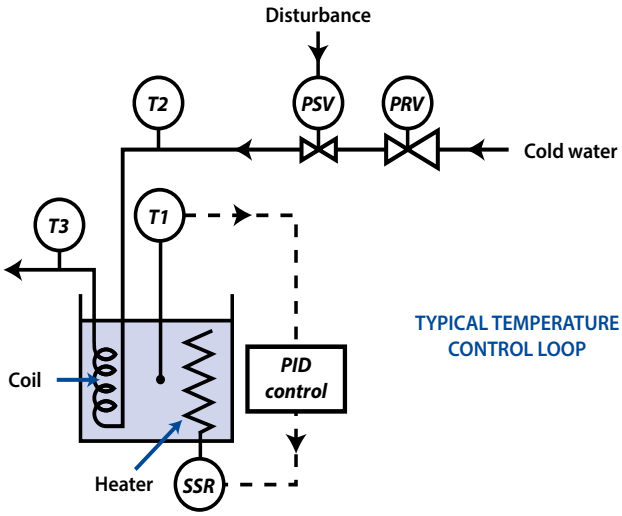
(All these loops are under software control)



PCT40 Basic Process Control System



Outflow control using an on/off controller(pressure sensor to solenoid valve)



Direct heating/batch operation using a PID controller (temperature sensor to heater power control via solid state relay)

Requirements



Single Phase Electrical supply:

PCT40-A:	220-240V/1ph/50Hz
PCT40-B:	110-120V/1ph/60Hz
PCT40-G:	220-240V/1ph/60Hz

Personal computer or PCT43

Cold water supply (1.5 l/min at 2 bar)

Scale



Overall dimensions

Length	1.0m
Width	0.54m
Height	0.7m
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.4m^3
Gross weight	40kg

Ordering codes

PCT40-A:	220-240V/1ph/50Hz
PCT40-B:	110-120V/1ph/60Hz
PCT40-G:	220-240V/1ph/60Hz

PCT41 Process Vessel Accessory

The PCT41 extends the capability of the basic PCT40 by adding an additional process vessel, complete with a heating/cooling coil and a stirrer. The inputs and outputs incorporate quick release fittings, enabling the PCT41 to be added quickly and easily.

The PCT41 also includes a conductivity probe to enable cost-effective fluid property demonstrations to be performed.

The addition of the process vessel enables more complex process control problems to be addressed, including remote set point demonstrations. Again these all take place with the repeatability advantages that electronic and software control brings.

Additional loops that can be implemented with the PCT41 include:

Single loops in combination:

- Conductivity control of reactor contents by varying flow rate of one component
- Temperature control of reactor contents by varying heating fluid flow rate
- Temperature control of heating fluid by varying heater power

Remote set point control:

- Ratio control of two flows **(Fig 1)**
- Cascade control of conductivity and flow **(Fig 2)**
- Feed-forward control of flow to flow
- Feed-forward control of flow combined with feedback control of conductivity

(All these loops are under software control)

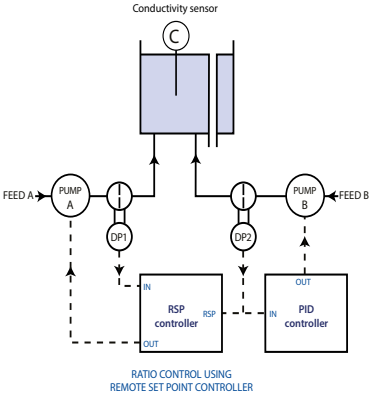


Fig 1: Ratio control of two flows

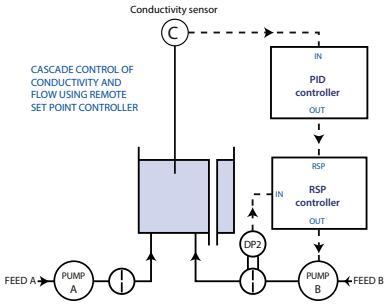


Fig 2: Cascade control of conductivity and flow

Requirements	Scale
PCT40	

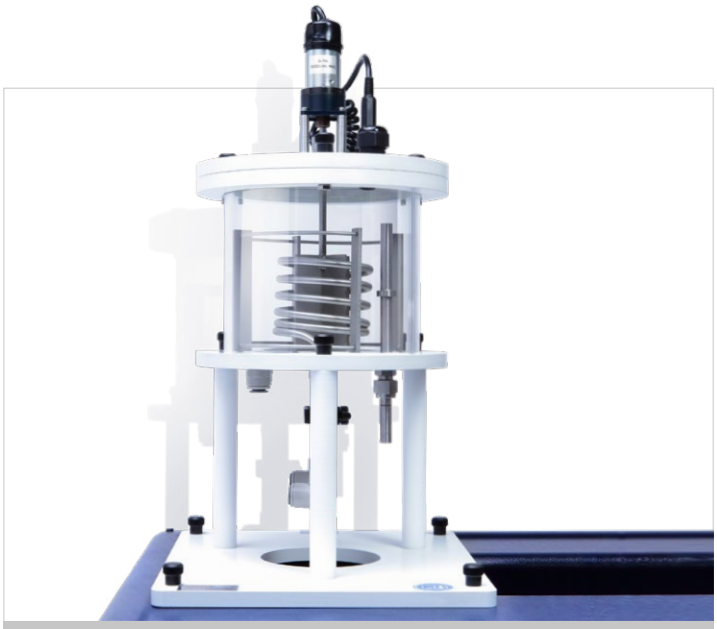
PCT40

Overall dimensions PCT41

Length	0.3m
Width	0.25m
Height	0.45m
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.1m^3
Gross weight	20kg

Ordering codes

PCT41



PCT41 Process Vessel Accessory

PCT42 pH Sensor Accessory

The PCT41 includes a conductivity probe as part of the basic supply. This conductivity probe can be used to demonstrate fluid property control systems without the maintenance problems, which can be experienced with pH probes. However, as pH control is probably the most common industrial application of this type of control system, users may wish to implement true pH control loops. This can easily be implemented by adding the PCT42 pH Sensor Accessory to the combined PCT40 + PCT41 systems.



PCT42

Requirements	Scale
PCT40 PCT41	

PCT40 and PCT41

Overall dimensions PCT42

Length	0.012m
Width	0.012m
Height	0.12m
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.01m^3
Gross weight	3kg

Ordering codes

PCT42

PCT43 Electronic Console

The PCT43 is an electronic console that can be used to control the PCT40 (+PCT41/42) instead of a computer. It includes controls for the pumps, valves and heater, plus a display for the sensors. It incorporates a commercial PID controller, complete with RS232 interface. Other facilities include four 20mA interfaces and selector switches to enable many of the different configurations to be implemented without using external jumper connections.

The PCT43 enables all of the PCT40 and PCT41 single-loop configurations to be implemented without using a computer. Using this console also enables the sensor data to be logged and displayed on a computer (using the PCT40 USB interface), but with the control functions being implemented in the PCT43 hardware, rather than the computer software.

Facilities include:

- Use of a commercial PID controller
- Simple interfacing to other PLC and/or PID controllers
- Use of four 20mA interfaces
- Use of serial communications (RS232) in a control system
- Simple SCADA demonstration (requires PC)



PCT43

Requirements	Scale
PCT40	

PCT40

Overall dimensions PCT43

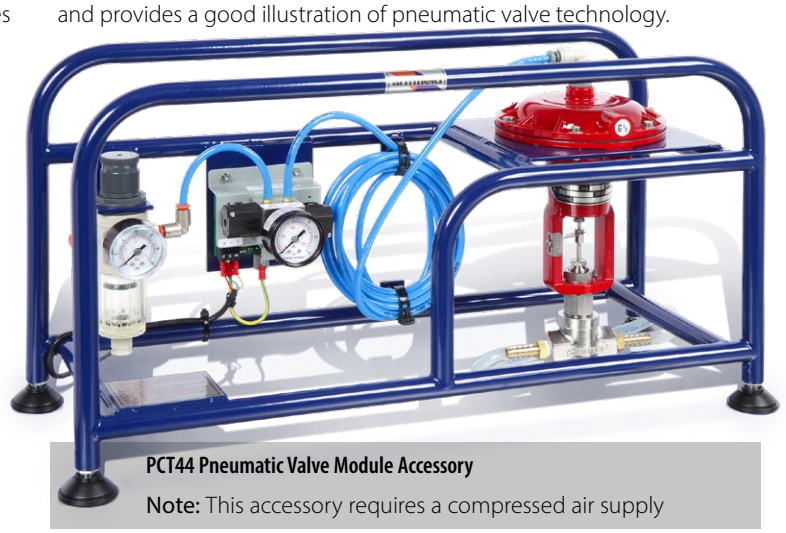
Length	0.365m
Width	0.27m
Height	0.275m
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.1m^3
Gross weight	15kg

Ordering codes

PCT43

PCT44 Pneumatic Valve Module Accessory

The PCT44 is a pneumatic control valve, plus associated components, for use with the PCT40/41 system. Retaining the flexible concept of the whole range, it can be plumbed into many of the flow control loops, and provides a good illustration of pneumatic valve technology.



PCT44 Pneumatic Valve Module Accessory

Note: This accessory requires a compressed air supply



PCT44 PID Controller Page

Requirements	Scale
PCT40 COMP. AIR	

- PCT40
- Requires a clean supply of compressed air of at least 21psi

Overall dimensions PCT44

Length	0.35m
Width	0.35m
Height	0.4m
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.1m^3
Gross weight	26kg

Ordering codes

PCT44

Software Capability

The system is supplied with a complete educational software package with a wide range of facilities and functions. For most applications the computer is the primary interface between the user and the equipment.

The software displays real-time process mimic diagrams, with readings of the relevant sensor outputs, and controls for the system inputs. The on/off, time proportioned and PID control algorithms are accessible through 'pop-up' control boxes, which give the user access to all the key control parameters, including the proportional band, the integral time and the derivative effect.

The software is supplied with detailed mimic diagrams, and full instructional help texts for ten predetermined student exercises when using PCT40 and an additional four exercises when using PCT41. These predetermined strategies have been carefully chosen to illustrate a wide range of the system capability and possible control strategies, ie level, flow, temperature, pressure, fluid characteristics, single PID loops, cascade and multiple loops, remote setpoints, etc. However, because of the flexibility of the system, many more control situations are configurable than it is possible to provide predefined student exercises for. Because of this, Armfield have included a user configurable option with the software, which enables the full range of capability from the system to be explored. This is particularly useful for student project work.

Whichever configuration is being used, the software provides powerful data logging and graph plotting facilities, together with sensor calibrations and a wide variety of display and data export options.

The computer communicates to the PCT40 using a standard universal serial bus (USB) interface.

When used with the PCT43, the software also provides a simple SCADA demonstration. The process is controlled using the PID controller in the PCT43, but the P, I & D values can be accessed and varied by the computer, using the RS232 interface. At the same time the status of the process can be displayed on the computer by using the USB interface for data logging only.

Universal Software Interface

For users who wish to write their own software, eg in Matlab or LabVIEW™, full instructions are given for communications with the PCT40 via its built in USB interface. Advanced users are also given the facility to include their own process control algorithm, written in a suitable language such as C++. This is useful for exploring advanced and non-linear control systems.

Requirements

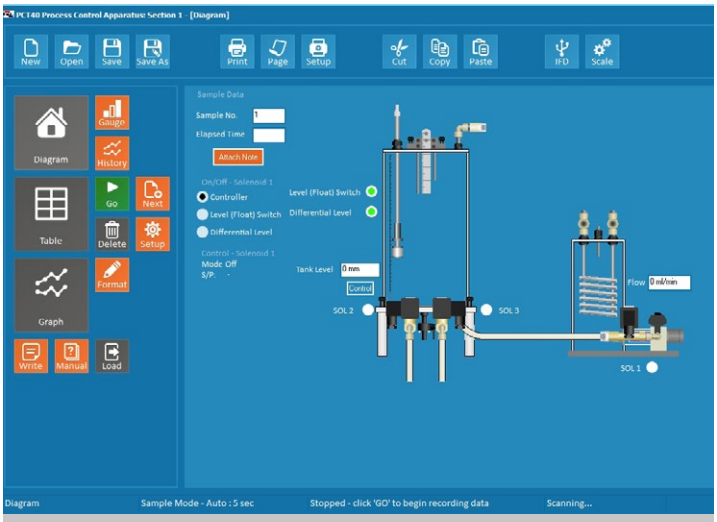
Scale

PCT40 | PCT23 | UOP3

1Ph | PC | USB

Mains electrical supply:
110 to 240 V, 50 or 60 Hz.
(Note, the units are supplied with¬ IEC leads to suit European and UK 230V, 50Hz outlets and USA 115V, 60 Hz outlets.)

PC computer with 2 spare USB ports (not supplied by Armfield) or external controller (PCT54 or PCT55)



† PCT40 Software mimic diagram

It is possible to control the PCT40/41 loops using external PLC devices or PID controllers. These can be connected directly to the PCT40 for specific configurations. However, with the PCT43 electronic console it becomes very easy to connect up the inputs and outputs to enable a range of loops to be demonstrated.

Armfield offer two external units in addition to the PCT43 that can be used for this purpose:

PCT23MkII Process Plant Trainer

The PCT23MkII is a bench top process plant trainer used extensively in undergraduate engineering education and for training plant supervisors and operators.

It uses an industrial HTST pasteurisation plant to demonstrate a complete range of process control methods and strategies as used in industry.

The trainer incorporates an industrial style three stage plate heat exchanger with chevron plates for increased turbulence and efficiency. A conductivity sensor enables concentration measurement.



Equipment Selection	Computer control			Hardware control
	Single-loop	Multi-loop	Remote Set-point	Single-loop
Level	PCT40			PCT40+43
Flow		PCT40		PCT40+43
Temperature		PCT40		PCT40+43
Pressure (basic)		PCT40		PCT40+43
Pressure (using pneumatic control valve)	PCT40 + 44			PCT40 + 43 + 44
Fluid Property (conductivity)	PCT40 + 41	PCT40 + 41	PCT40 + 41	PCT40 + 41 +43
Fluid Property (pH)	PCT40 + 41 + 42	PCT40 + 41 + 42	PCT40 + 41 + 42	PCT40 + 41 +42 + 43

Ordering Specification

A multi-function process control teaching system, capable of demonstrating level, flow, pressure and temperature control loops

- Bench mounted and includes a built-in USB computer interface
- Options include: reactor vessel with conductivity measurement, pH measurement, pneumatic control valve and electronic console
- Includes the following process control demonstrations:

Process principles

- Calibration of sensors *(via PC software)*
- Inflow control
- Outflow control
- Direct heating
- Indirect heating
- Batch operation
- Continuous operation
- Effect of sensor lag *(eg. thermometer pocket)*
- Effect of system time constant *(eg. volume change)*
- Effect of dead time *(eg. holding tube)*
- Effect of mixing/stirring *(requires PCT41)*

Measured variables

- Level - on/off switch (fixed hysteresis)
- Level - differential on/off switch *(adjustable hysteresis)*
- Level - proportional pressure sensor *(slow system response)*
- Flow - proportional turbine sensor
- Temperature - on/off switch *(fixed hysteresis)*
- Temperature - proportional thermocouple sensors
- Static pressure - proportional sensor *(fast system response)*
- Differential pressure - proportional pressure *(fast system response)*
- pH - proportional sensor *(requires PCT41 and PCT42)*

Controller types

- Manual control
- Effect of reverse/direct action
- On/off output with hysteresis
- Time proportioned output with adjustable P, I & D terms and cycle time
- PID proportional output with adjustable P, I & D terms
- Remote setpoint control (requires PCT41)
- Ratio, cascade and feedforward with feedback loops *(requires PCT41)*

Controlled variables

- On/off flow control via solenoid valves
- Time proportioned flow control via solenoid valves
- Proportional flow control via pump speed
- Proportional flow control via electrical proportioning valve
- Proportional flow control via pneumatic proportioning valve *(requires PCT44)*
- On/off heater power control via solid state relay
- Time proportioned heater power control via solid state relay
- Proportional heater power control via solid state relay









Armfield standard warranty applies with this product

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE

Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

H SERIES

Product List - H1/H12/H14H30/H33/H40/H41

The Armfield **H series** provides a complete range of hydraulics instruments for both teaching and research purposes.

The collection includes Vernier Hook and Point Gauges to measure the steady state water surface position. A selection of easy to use manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6 metres of water.

Pitot tubes designed for measuring the velocity of water in open channels or closed ducts. Propeller Velocity Meter used to measure very low point velocities in water and other conductive fluids. The range additionally introduces students into Particle image Velocimetry (PIV).

H series product list

Vernier hooks, point gauges & stands	
▶ Vernier hooks & point guages	H1-1/H1-2/H1-3
▶ Electronic hook, point gauges & stands	H1-7/H1-8/H1-1
Open water, pressurised, mercury & kerosene manometers	
▶ Open water manometers	H12-1
▶ Pressurised water manometers	H12-2
▶ Mercury manometers	H12-3/H12-4
▶ Kerosene manometers	H12-5
▶ Electronic pressure meters	H12-8/H12-9
Computer compatible manometer bank	
▶ Computer compatible manometer bank	H14/2
Pitot tubes	
▶ Pitot tubes	H30
Propeller velocity flowmeter	
▶ Propeller velocity flowmeter	H33
Wave probe systems & Laser PIV system	
▶ Wave probe systems	H40
▶ Laser PIV system	H41



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Vernier Hook & Point Gauges - H1

H1-1 / H1-3 - Hook & Point Gauges

The measurement of steady state water surface position is frequently needed during hydraulic investigations.

This is done by using a small point or hook manually adjusted to touch the water surface, and a reading is taken of the vertical movement using a scale or vernier.

Description - Vernier Hook & Point Gauges (H1-1, H1-2, H1-3)

A mounting frame is clamped to a suitable support structure and a gauging rod is free to slide up and down over the water surface. A stainless steel hook or point is attached to the bottom end of the rod and is used to locate the water surface.

Gauging is carried out by means of a primary scale attached to the mounting frame and a vernier scale attached to the rod. The scales are in edge contact.

The rod is held in a screwed collar for fine adjustment and can be released for large, rapid changes of position. Zero can be reset by a locking screw positioned on the vernier scale.

Demonstration Capabilities

- Location of air-water surface boundaries with high resolution
- Measurement of slowly changing water levels in flumes and hydraulic models
- Measurement of mechanical deformation

Overall dimensions

H1-1 (150mm):		
Length	265mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-2 (300mm):		
Length	415mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-3 (450mm):		
Length	565mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-1 (150mm):	0.01 m^3	1.2kg
H1-2 (300mm):	0.01 m^3	1.5kg
H1-3 (450mm):	0.01 m^3	1.7kg

Ordering Specification

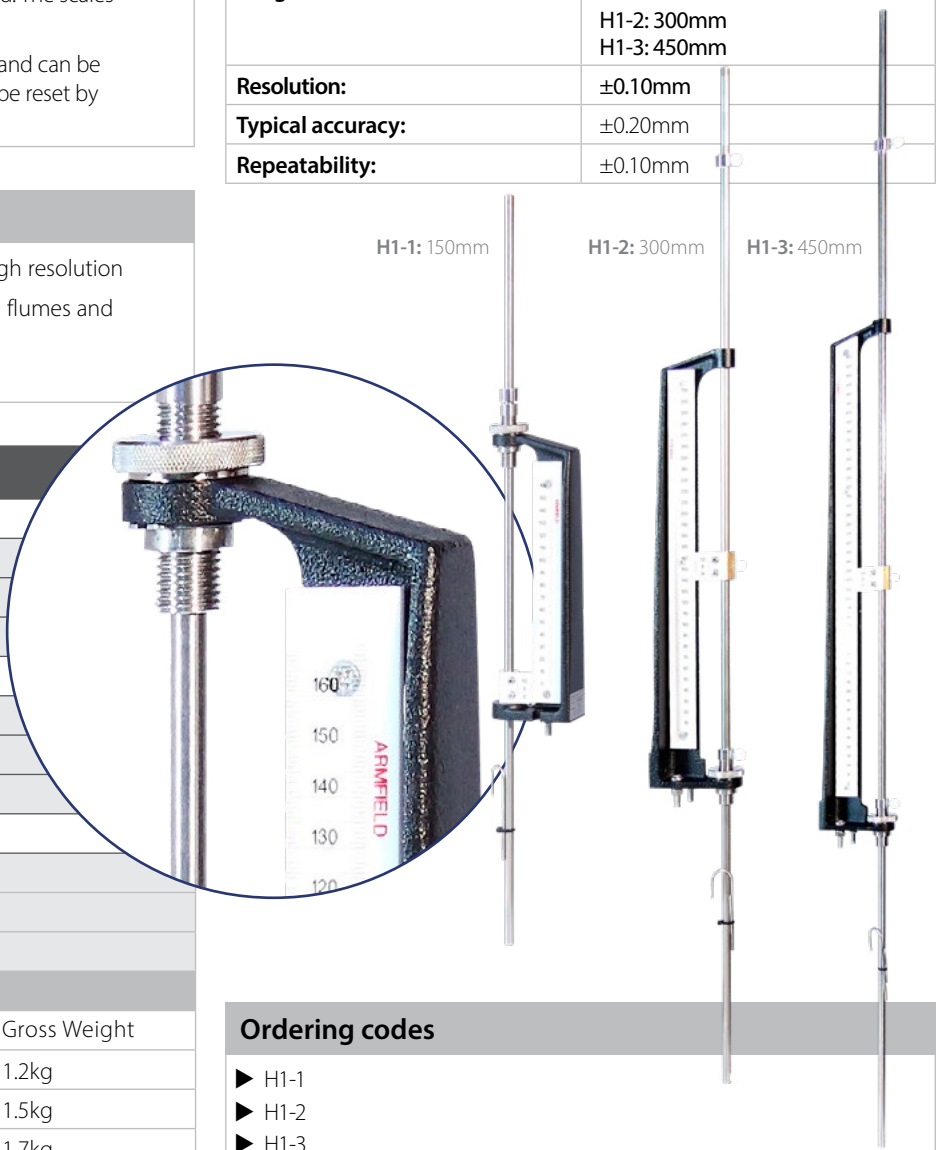
- A rugged low cost gauge for measurement of water surface position to ±0.20mm
- Mounting frame in enamelled cast aluminium
- Gauging rod and adjusting mechanism in bright plated brass
- Supplied complete with stainless steel hook and point

HT1 Accessories

- **H1-11:** Tripod stand

Technical specifications

Ranges:	H1-1: 150mm H1-2: 300mm H1-3: 450mm
Resolution:	±0.10mm
Typical accuracy:	±0.20mm
Repeatability:	±0.10mm



Ordering codes

- H1-1
- H1-2
- H1-3

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Digital Hook & Point Gauges - H1

H1-7 / H1-8 - Digital Hook & Point Gauges

A range of digital hook and point gauges which includes a liquid crystal display which indicates the movement of the gauging rod.

A push button sets the display to zero at any position, allowing the measurement of movement relative to a datum.

Description - Digital Hook & Point Gauges (H1-7, H1-8)

A mounting plate is clamped to a suitable support structure and a flat vertical shaft retained by the gauging unit is free to slide up and down over the water surface.

A steel point or hook is attached to the bottom end of the shaft and is used to locate the water surface.

The gauging unit consists of a liquid crystal electronic display which indicates the movements of the shaft.

A quick-release mechanism permits large changes to be rapidly accommodated, and a screw adjustment is provided for accurate final positioning.

A push button sets the display to zero at any position, so that relative movements compared with a datum can be easily measured.

This gauge is easy to use and minimises potential errors resulting from reading vernier scales.

Ordering Specification

- A direct indicating gauge which eliminates observation errors due to vernier and scale reading.
- Can be set to zero anywhere in the operating range to permit easy relative level checking.
- The liquid crystal display is easy to read and has a resolution of ±0.01mm.
- A push button gives immediate change to inches from millimetres if required.
- A quick-release mechanism permits rapid changes of position.

Overall dimensions

H1-7 (300mm):		
Length	450mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
H1-8 (500mm):		
Length	650mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-7 (300mm):	0.01 m^3	2kg
H1-8 (500mm):	0.02 m^3	2.5kg

Demonstration Capabilities

- Measurement of steady state of water with digital display

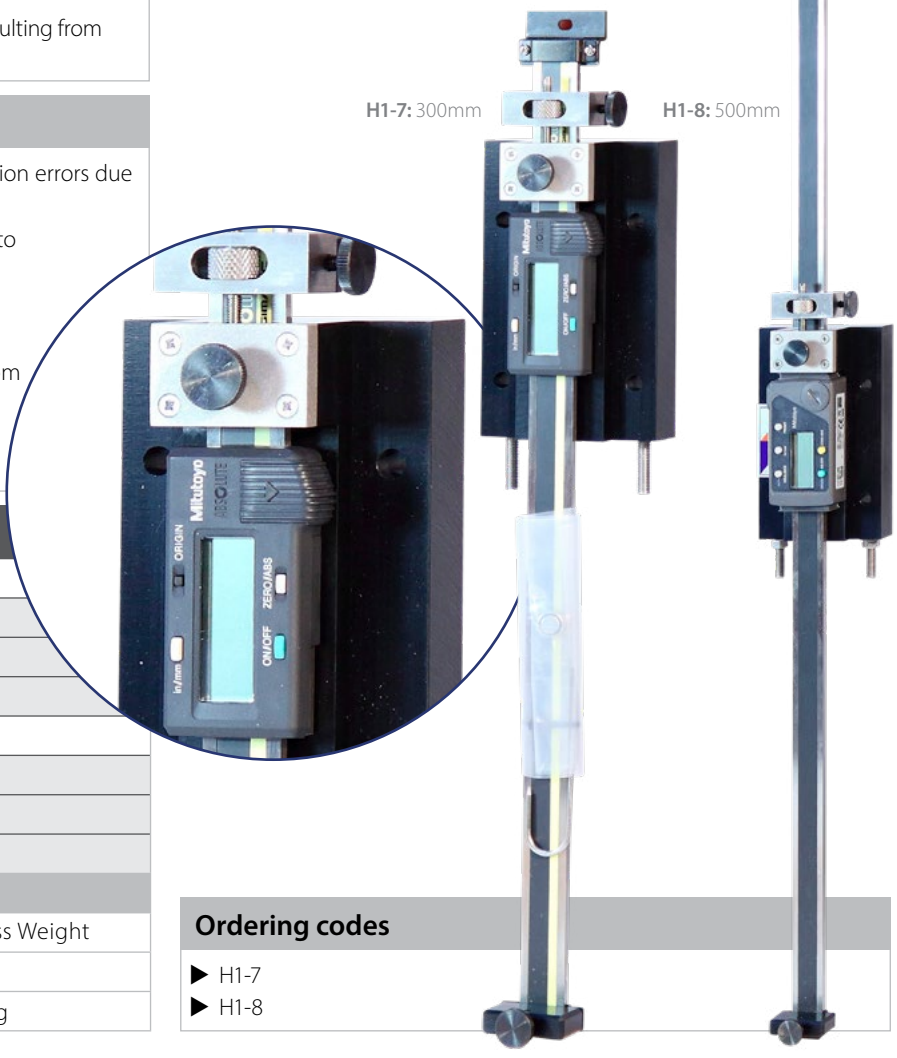
HT1 Accessories

- **H1-11:** Adjustable Tripod stand with mountings

Technical specifications

Ranges:	H1-7: 300mm H1-8: 500mm
Resolution:	±0.01mm
Typical accuracy:	±0.03mm
Repeatability:	±0.01mm
Operating temperature range:	5°C to 40°C

The gauge is powered continuously by a small cell battery with a life in excess of 6 months.
(No 'on/off' switch improves reliability)



Ordering codes

- H1-7
- H1-8

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Tripod Stands - H1-11

HT1-11 - Tripod Stand

A mounting tripod constructed from aluminium alloy is supported on three stainless steel rods secured by thumbscrews.

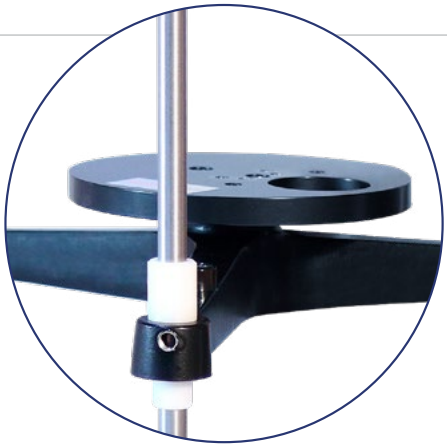
The rods are adjustable allowing the stand to be made level.

Description - Tripod Stand (H1-11)

This stand is suitable for use with vernier type Hook & Point gauges (H1-1, H1-2, H1-3) and the Pitot Tubes (H30). It is essential for the convenient use of the gauges in physical models. Also includes mountings and a clamp plate to make it suitable for other instruments, i.e. the Digital Hook and Point gauges (H1-7, H1-8), the micropropeller used on H32 and Propeller Velocity Flowmeter (H33).

Levelling is assisted by use of a 'Bullseye' spirit level mounted on the top plate.

A carrier plate mounted on the tripod supports the gauge. The whole assembly may be adjusted for height on the support rods.





Technical specifications

Product:	H1-11
Ranges:	500mm (normal)
Diameter of base:	340mm
Overall height:	660mm (without gauge)

Overall dimensions

H1-11:		
Length	340mm	
Width	340mm	
Height	660mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-11:	0.15 m^3	6kg

Ordering codes

▶ H1-11 Adjustable tripod stand with mountings

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Liquid Manometers & Meters - H12

H12-1 / H12-7 - Liquid Manometers

A range of general purpose laboratory manometers using liquid displacement to measure differential pressure.

Description - Liquid Manometers (H12-1 / H12-7)

A range of manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6m H2O. Scales are graduated in 1mm divisions.

H12-1: 1 metre scale differential open water manometer

H12-2: 1 metre scale differential pressurised water manometer (the air space above the tubes can be pressurised with the pump supplied)

H12-3: 1 metre scale differential water over Mercury manometer - Range 12.6m H2O

H12-4: 500mm scale differential water over Mercury manometer - Range 6.3m H2O

H12-5: 500mm scale differential kerosene over water manometer - Range 0.213m H2O

Accessories

H12-6: Free-standing column with height adjustment to take two manometers.

H12-7: Self-sealing and self-bleeding pressure tapping system which allows a pair of pressurised water or mercury manometers to be connected into and disconnected from a number of points around a pumped system.

The equipment consists of ten self-sealing pressure tapping points with 1/4" BSP male threads for fitting into the system and four self-bleeding pressure tapping lines for connection to two differential manometers. Tapping line bleeding is obtained with four in-line vented shut-off valves conveniently mounted on a fixing bracket. The system is supplied complete with a quantity of translucent plastic tubing.

Demonstration Capabilities

- Low cost and easy to use instruments
- Wide range of pressures accommodated using different manometer fluids

Ordering Specification

See description:

NOTE: Due to its hazardous nature and severe shipping restrictions, Mercury is not included in Armfield's scope of supply.

Overall dimensions

See description:

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-1 / H12-7	0.1 m^3	21.5kg



Ordering codes

- H12-1
- H12-2
- H12-3
- H12-4
- H12-5

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-8

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 2000 mBar (0 - 1500mmHg).

This unit is particularly suitable for use in applications where Mercury manometers have traditionally been used. The use of Mercury is not desirable in a laboratory environment due to its hazardous nature.

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 2 Bar differentially and the unit is capable of withstanding 6 Bar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Technical Details

Measuring range:	0 - 2000mBar (0 - 1500mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	1mBar (1mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Maximum overpressure:	6200 mBar (4650 mmHg)
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H12-8	0.005m³	1kg

Ordering Specification

▶	**H12-8**	Basic Portable Pressure Meter



H12-8

Ordering codes

▶ **H12-8**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-9

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 140 mBar(0 - 99.99mmHg).

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 140 mBar differentially and the unit is capable of withstanding 400 mBar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Ordering Specification

▶	**H12-9**	Basic Portable Pressure Meter



H12-9

Technical Details

Measuring range:	0 - 140mBar (0 - 99.99mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	0.1mBar (0.01mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Repeatability:	+/-0.1% of full scale
Maximum overpressure:	400 mBar
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-9	0.005m³	1kg

Ordering codes

▶ **H12-9**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Computer compatible manometer bank - H14/2

H14/2 - Computer Compatible Manometer Bank

The Armfield H14/2 is designed to replace banks of manometers when used in conjunction with a number of Armfield products. Sixteen simultaneous pressure measurements can be displayed on a user supplied computer and the information data logged.

Two modes of operation are available:

Mode 1: 16 general purpose channels (350mm H20), with a common reference, suitable for monitoring both wet and dry systems.

Mode 2: 14 general purpose channels as above, plus 2 differential high sensitivity channels (125mm H20 differential), for accurate measurement of low differential pressures (suitable for dry air only).

Description - H14/2

The pressure monitor points are located on the front panel of the unit, with adapters to allow flexible plastic tubing to be attached. Two different sizes of tubing can be used (2mm and 3mm inside diameter). This tubing connects to the test points on the equipment being monitored.

The manometer system connects to the customer supplied computer using a USB interface. The measured pressures are displayed on the computer screen in both numeric and bar chart format.

Sophisticated software is provided with facilities to:

- Display the data from the 16 channels in real time
- Record data either on operator request, or at constant sampling periods
- Define the data sampling periods to be used
- Record data onto the computer for later retrieval, including the option to record the data in Excel format
- Display tables and graphs of the captured data, with real time updates
- Calibrate and scale the individual measurement channels
- Zero the data channels before taking measurements

Ordering Specification

- Electronic multiple channel pressure measurement system designed to replace liquid manometer banks
- 16 simultaneous measurements displayed on a PC (not supplied)
- Sophisticated software included, for logging, recording and displaying data
- 16 channels of 350mm H20 capacity, or 14 channels of 350mm plus 2 channels of 125mm H20 differential

Technical Details

General purpose channels:	
Range:	0 to 350mm H_20
Repeatability:	0.5mm H_20
Absolute accuracy:	0.5% FSD
Media:	Wet or Dry, non corrosive
High sensitivity channels:	
Range:	0 to 125mm H_20 differential
Repeatability:	0.1mm H_20
Media:	Dry air only

Essential Equipment

Personal computer, with USB interface, running Windows 8 and later.

Requirements

AC mains: Universal input, 100-250V ac, 50-60Hz

Associated Armfield Products

C2: Subsonic Wind Tunnel
F6: Air Flow Studies

H14/2



Overall dimensions

Length	250mm
Width	260mm
Height	113mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H14/2:	0.015m^3	15kg

Ordering codes

- **H14/2**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Pitot Tube - H30

H30-1H / H30-3H - Pitot Tubes

A range of Pitot tubes for the measurement of water velocity in open channels and closed ducts.

Description

Tubes are in stainless steel and mounted on a supporting body with scale. They are supplied with a watertight gland for installation below water level.

In order to measure velocity, the Pitot tubes must be connected to a manometer, such as the Armfield H12-8 or H12-9.

When used with the H12-9, the range is 0 - 5.2m/s. When used with the H12-8 the range is 0 - 19.8m/s

Ordering Specification

- **H30-1H:**
  - 150mm Pitot tube
  - 150mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-2H:**
  - 300mm Pitot tube
  - 300mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-3H:**
  - 450mm Pitot tube
  - 450mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand
H12-8: Portable pressure meters
H12-9: Portable pressure meters





Overall dimensions

See Order Specifications

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H30-1H / H30-2H / H30-3H	0.1m³	5kg

Ordering codes

▶ **H30-1H** ▶ **H30-2H** ▶ **H30-3H**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Propeller Velocity Flowmeter - H33 / H33-10

H33 - Propeller Velocity Flowmeter

Used to measure very low point-velocities in water and other conductive fluids, this flowmeter uses the impedance of a rotating multi-bladed propeller to indicate rotational speed caused by the flowing fluid.

Description - H33

The fine diameter of the sensing head enables the meter to be used in small ducts and channels with an ability to measure fluid velocity as low as 25 mm/sec.

A probe and digital indicator are required in combination to perform measurements but the digital indicator is supplied separately from the probes to allow an appropriate probe to be selected to suit specific applications.

Miniature Propeller Probes (H33-1/H33-2/H33-3)

Each probe consists of a sensing head that is mounted at the end of a slim stainless steel stem. A co-axial connector at the top of the stem allows the probe to be connected to the H33-10 Digital Indicator.

The sensing head consists of a 5-bladed propeller that runs in jewelled bearings. The propeller is able to rotate freely within a protective shrouded cage. An insulated gold electrode terminates 0.1mm from the tip of the rotating blades and detects the change in electrical impedance as each blade passes. As there is no physical contact between the electrode and blade, the propeller can rotate freely and respond to low velocity of the surrounding fluid.

Technical Details H33

Rotor:	11.6 mm diameter, machined plastic (balanced)
Spindle:	Hardened stainless steel with conical ends
Bearings:	Synthetic sapphire vee jewels
Cage:	Nickel plated bronze
Stem:	Stainless steel
Electrical connector:	Co-axial
Weight:	0.20kg
Immersion length:	420mm maximum

Capabilities

- Measurement of velocity in clean conductive fluid within the range 25 to 1500mm/sec (up to 3000mm/sec with the high speed probe)
- Operation in confined spaces with limited intrusive effects
- Suitable for both laboratory and field applications - battery powered (rechargeable) and fully portable
- Measurements are indicated on the digital display and may be connected to a data logger for later analysis

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand with mountings

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H33/1/2/3:	0.1m^3	2kg
H33-10:	0.1m^3	5kg

H33-10 - Digital Indicator

The digital indicator has been developed for use with the miniature propeller probes H33-1/2/3 where laboratory or field measurement of water velocity is required.

Description - H33-10

The digital indicator may be battery powered or mains powered using the standard power adaptor supplied. The power adaptor is intended for world-wide use and has four interchangeable plugs to suit all regions. The unit can operate on 110 Volts or 230 Volts at 50Hz or 60Hz.

When connected to an appropriate probe, the unit will indicate frequency of the pulses from the propeller that can be converted to water velocity using the calibration chart supplied with the probe. The unit can be programmed to read water velocity directly in units of cm/sec by entering a calibration constant for the probe in use (obtained from the chart supplied with each probe). Alternatively the unit can be programmed to count the pulses continuously, allowing averaging of the velocity measurement over a longer (user defined) period.

A 0-5 V DC output allows the unit to be connected to a suitable data logger to provide a permanent record of the variations in water velocity with time. A co-axial lead, 3 metres long, is supplied with the digital indicator for connecting it to any of the miniature propeller probes described above.

Technical Details H33-10

Power:	Four AA rechargeable batteries (supplied)
Battery life:	Typically 300 hrs on full charge
Display:	3-digit liquid crystal
Controls:	On/off switch, sample time switches for 1 & 10 seconds
Input:	Miniature socket for co-axial cable from probe
Output	0-5V DC
Case size:	190 x 136 x 55mm overall Moulded ABS plastic
Weight:	0.55kg with batteries fitted



H33-10 Flow meter shown with probe

Ordering codes

▶ **H33** ▶ **H33-1** ▶ **H33-2** ▶ **H33-3** ▶ **H33-10**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Wave Probe System - H40-MKII

H40-MKII - Wave Probe System

The H40-MKII is suitable for use in:

2D flume: For this configuration, the wave probes are supplied with a mounting block allowing the calibration stem, that is fixed to the wave probe head, to be attached to any vertical surface.

3D wave basin: For basins, The H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod is used for mounting the 600 to 1200 mm wave probes. For shallow water up to 1m depth, a smaller stand to fit 300 mm wave probes is available.

Description - H40-MKII

The H40-MKII Wave Probe Case contains the signal conditioning circuitry for up to eight wave probes and a network connection to allow a computer to configure the probes. If more than eight probes are required to be used at the same time in the physical model then multiple cases can be linked together, so that only one computer is required for configuration.

The input connections for the wave probes are provided using 4mm sockets on one face of the case. The opposite face has connections to allow the device to be directly connected to a computer via an Ethernet cable and to an existing data acquisition system using analogue signal outputs. The unit is powered from an external 24Vdc laptop-style power supply.

The wave probe case is set up using a built-in web page which is accessed from the PC using the network connection. Whilst testing is underway the data acquired by the instrument is also transmitted over the network connection for collection by appropriate software(not supplied by Armfield).

The wave probe operates by measuring the current that flows between two stainless steel wires that are immersed in water. This current is converted to an output voltage that is directly proportional to the immersed depth. Each wave probe case contains the energising and sensing circuits for the operation of eight wave probes and provides an output voltage (0-5V) for all eight channels on a 16-way output connector. In order to avoid polarisation effects at the probe, a high frequency square wave is used to energise the probe.

Adjacent probes are set to different frequencies to allow probes to be used close together without causing any interference. Each wave probe channel contains circuitry designed to compensate for the resistance of the cable that connects the probe to the wave probe unit. Without this compensation, the output of the wave probe monitor would be non-linear.

The probe output voltage is converted to a digital reading using an analogue to digital converter and the readings are batched and transmitted over the network in packets of data at a rate of 100 samples per second. The configuration process allows the user to set the output level for a given initial probe immersion. This enables the user to scale the output, from zero (no water over probe) to maximum output for a desired full scale immersion.

The wave probes comprise two parallel stainless steel rods with a plastic head and foot. The head is fixed to the calibration stem and a mounting block is supplied that allows the calibration stem to be fixed to any vertical surface.

Overall dimensions

Length 250mm / **Width** 100mm / **Height** 40mm

Packed and crated shipping specifications		
H40-MKII	0.1m^3	3kg

Features / benefits

- Extremely linear output
- No hysterisis
- Reliable, proven design, easily calibrated
- Longer distances from the data acquisition PC can be achieved by linking two wave probe cases together
- Suppled with 8 channels as standard
- Data can be logged directly into a computer via the network link

Technical specification (Wave probe case)

Case configuration:	8 channels (wave probes)
Output signals:	EtherNET digital output comms cable network to data acquisition PC 0-5 V via 16-wayIDC connector
Excitation frequency:	3 kHz to 11 kHz
Filter band width:	-3 dB at 2 0Hz
Supply voltage:	220 or 110 V ±10% 40-60 Hz
Trigger function:	+5 V input signal trigger

Technical specification (Wave probe)

Active working range:	300, 600, 900, 1200mm
Probe diameter (300mm):	1.6mm
Probe diameter (600, 900,1200mm):	6.0mm
Probe cable length:	30m (Supplied)

Requirements

1Ph

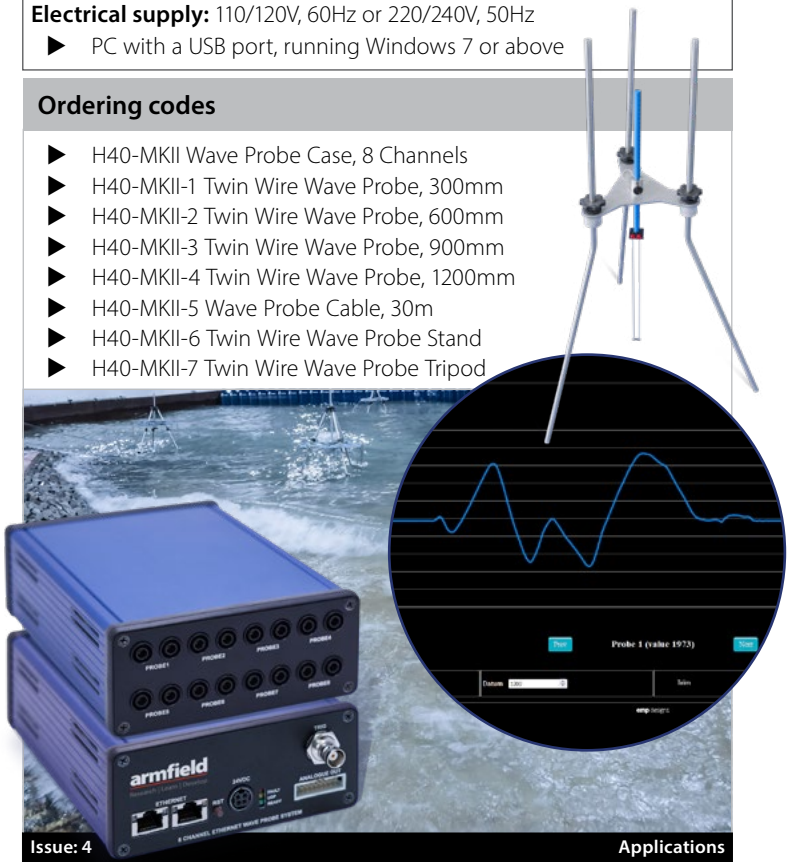
Electrical supply: 110/120V, 60Hz or 220/240V, 50Hz

- PC with a USB port, running Windows 7 or above

Scale

Ordering codes

- H40-MKII Wave Probe Case, 8 Channels
- H40-MKII-1 Twin Wire Wave Probe, 300mm
- H40-MKII-2 Twin Wire Wave Probe, 600mm
- H40-MKII-3 Twin Wire Wave Probe, 900mm
- H40-MKII-4 Twin Wire Wave Probe, 1200mm
- H40-MKII-5 Wave Probe Cable, 30m
- H40-MKII-6 Twin Wire Wave Probe Stand
- H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Laser PIV System - H41

Description

The H41 consists of two main assemblies: the nanoLase light sheet projector and the rtCam camera, with built-in timing synchroniser. The rtCam interfaces to the rtControl software package, which runs on a standard PC under Windows XP (not supplied by Armfield).

The nanoLase consists of a low-power solid-state laser, together with optics to form the beam into a ~3mm thick, 45° wide light sheet. The laser is modulated to produce pairs of pulses, with an adjustable delay (known as Δt) of between 100µs and 5s. Both the pulse separation and pulse width can be set directly from the rtControl software.

The nanoLase and rtCam are arranged orthogonally around the flow to be measured, with the laser being used to illuminate flow-following 'seeding' particles that have been mixed into the water. The system is supplied with 100g of 100µm polyamide particles, which are suitable for the majority of water-based flows. These particles scatter light toward the rtCam, which acquires a pair of images every time the laser emits a pulse pair.

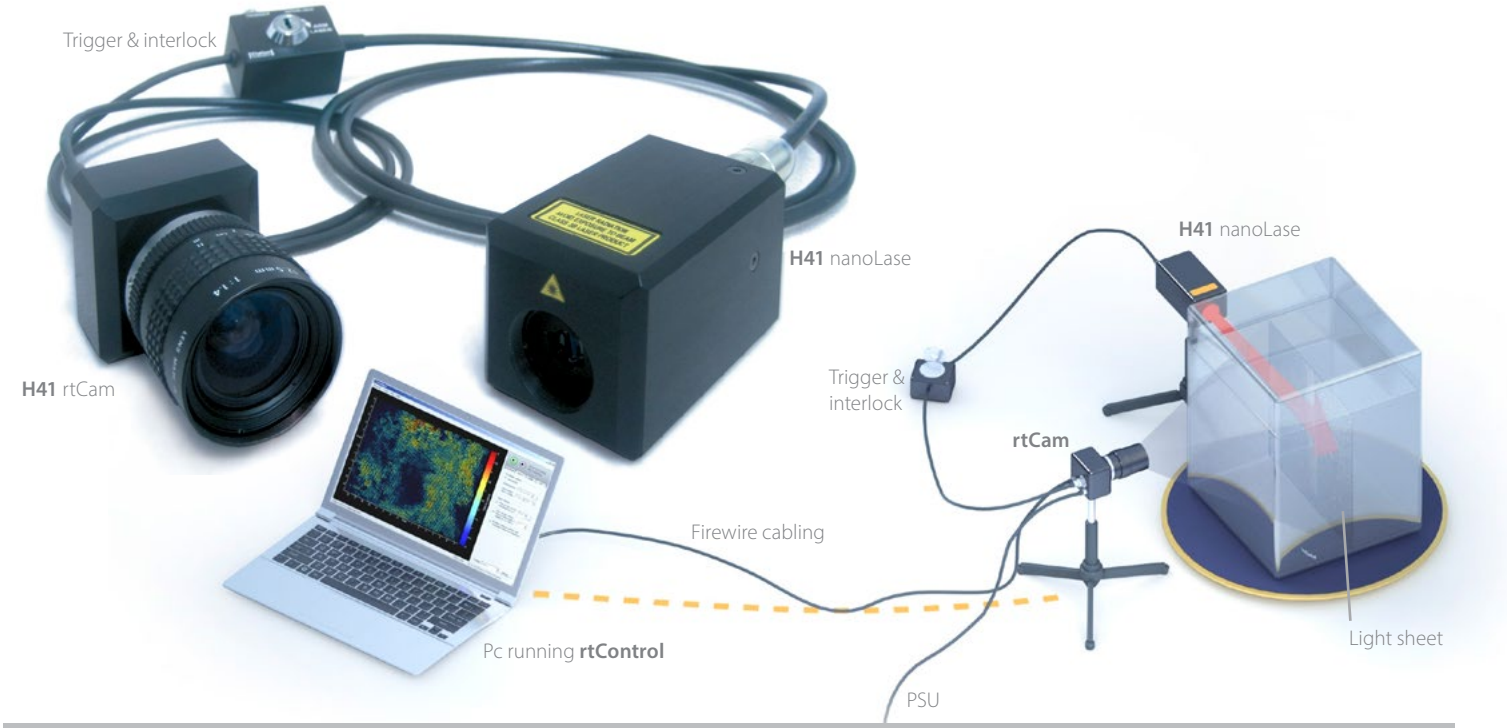
Each pair of particle images are immediately sent to the control PC using a standard FireWire (IEEE 1394) connection. The rtControl software then subdivides the images into 'tiles', which are cross-correlated in order to measure the displacement of the seeding particles in that area.

Because the delay between the images is known, a velocity map can be calculated for the whole of the camera's field of view. While most PIV systems take several minutes to get to this point, rtCam and rtControl can repeat the entire process up to 16 times a second.

In addition to the real-time velocity vector maps, rtControl can calculate and display derived statistical data (such as vorticity or time-averaged velocity) with options to superimpose vectors, scalars, and video on top of each other. Similarly, there are options to record data as either raw images (in BMP format), or as processed vectors or scalars (in AVI movie, CSV spreadsheet, or Matlab® archive format). Previously recorded data sets can be loaded into rtControl for subsequent display and analysis.

Both the rtCam and the nanoLase are fitted with standard mountings suitable for a selection of different mounting mechanisms. The system is supplied with one small desktop tripod; larger tripods and various snake-arm mounts are available as accessories. Also available are purpose-designed mounts designed for use with Armfield flow channels.

The system is provided complete with all cables and packed into an aluminium flight case for safe storage and easy transport.



Features

- The H41 uses particle image velocimetry (PIV) to measure, non-intrusively, fluid velocities at multiple points in a flow, at a rate of up to 16Hz.
- The compact and portable hardware (which uses a safe, non-pulsed Class 3b laser) and extremely easy-to-use software with real-time display, make this an ideal tool for undergraduate teaching and demonstration.
- With its sophisticated multipass processing, the H41 matches the performance of higher power PIV systems costing several times more. It is therefore also an ideal, cost-effective tool for experimental fluid dynamics research.
- The intuitive software provides a wide range of processing, display and recording functions for both velocity and derived statistical data, using a standard PC.

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

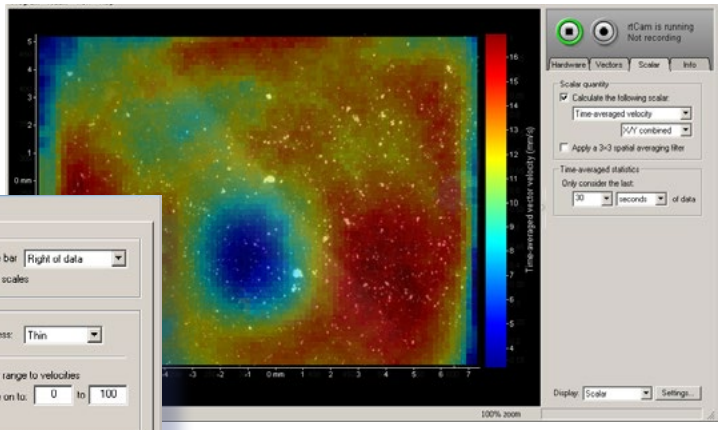
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Technical specifications

Lasers:	▶ Solid-state air-cooled 200mW, 660nm laser diode (Class 3b) ▶ Standard optics produce a ca 3mm thick, 45° light sheet (ca 200mm wide at 250mm) ▶ Interchangeable 20° light sheet optic available (H41-3) ▶ Pulse separation (Δt) of between 100µs and 5s (in steps of 10µs) ▶ Pulse width of between 10µs and 32ms (in steps of 10µs)
Camera:	▶ Super-sensitive VGA CMOS sensor: - 640x480, 6.0µm pixels (1/3" format); - ~50% quantum efficiency at 660nm; - 75-110dB dynamic range; - 4.8 V/lux-sec sensitivity ▶ Trigger input enables image pair acquisition to be synchronised with external events ▶ Accepts standard CS or C-mount lenses (12.5mm f/1.4 lens supplied) ▶ Camera exposure can be linked to the laser's pulsing, thereby enabling operation in a lit room

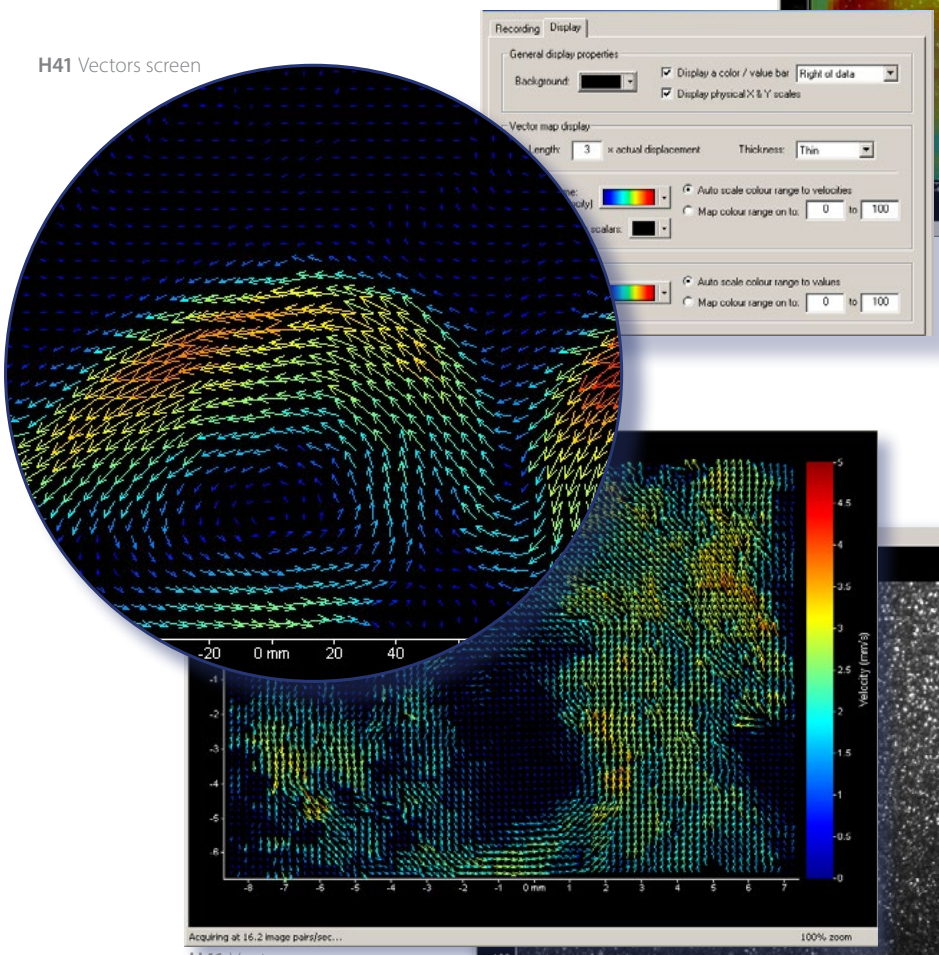
Software processing

- ▶ Data refresh and recording rate up to 16Hz (dependent on the computer speed, the selected acquisition and PIV analysis parameters and the recording taking place)
- ▶ Real-time, or offline, two-component vector calculation
- ▶ Single-pass or adaptive multipass cross-correlation with 8, 12, 16, 24, 32 or 64 pixel window sizes
- ▶ 0% or 50% window overlap (ie maps of up to 19,000 vectors)
- ▶ Optional vector interpolation and filtering based on:
  - User-supplied velocity limits
  - RMS of neighbouring vectors' values
- ▶ Calculation of the following derived scalars:
  - Vector angle and magnitude
  - Vorticity and swirl
  - Time-averaged mean velocity
  - RMS and turbulence intensity
- ▶ Where applicable, vector component and statistical sample number are user-defined

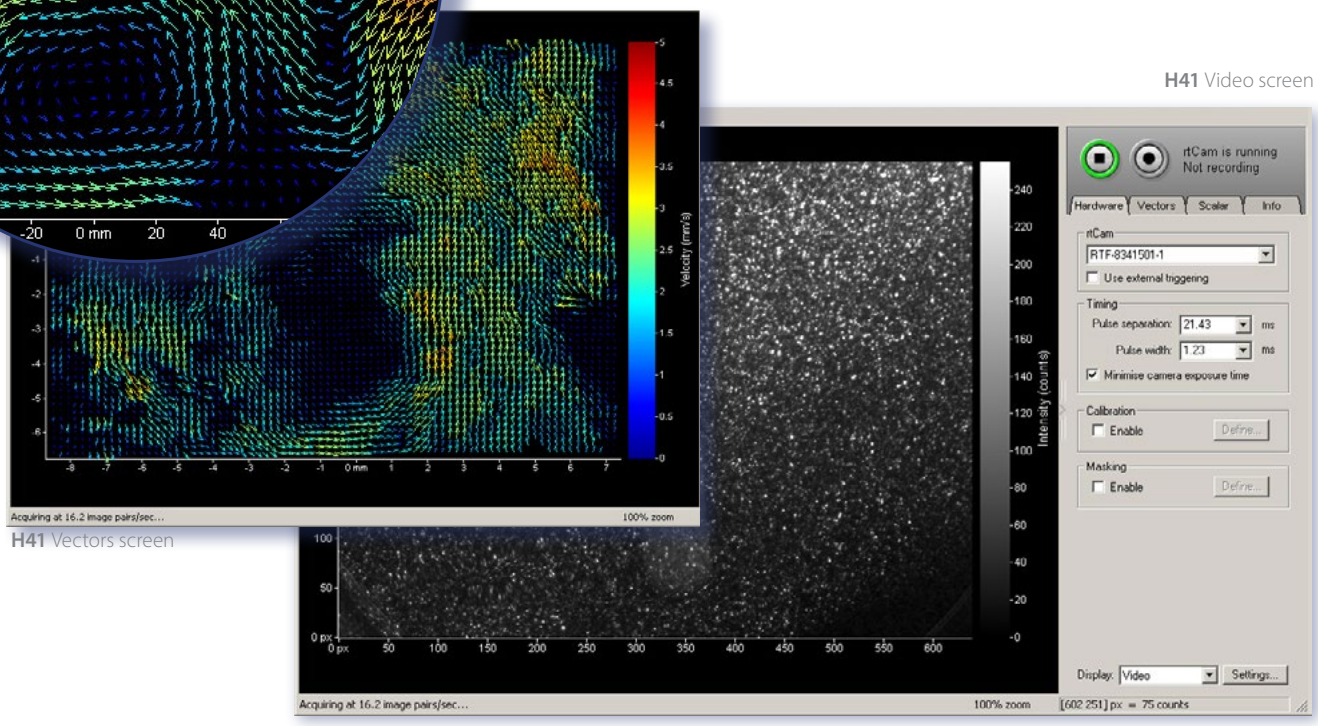


H41 Scalar screen

H41 Vectors screen



H41 Video screen



H41 Vectors screen

Options

- A range of further options are available to suit specific user applications, including:
- Waterproof enclosure for the rtCam, to enable complete submersion in water, eg for use with a large towing tank
- Flashlamps can be supplied in place of the nanoLase, for surface velocimetry measurements
- Higher power versions of the nanoLase are available for measuring larger areas or faster flows
- The rtCam can be supplied with macro or telephoto lenses
- A light-sheet thickness adjuster is available for micro-PIV measurements

Please contact Armfield for further details of these options.

Requirements



Scale



- Electrical supply:
  H41-1-A, H41-2-A: 220-240V/1ph/50Hz
- Voltage Variants:
  H41-1, H41-2: 90-264V, 47-63Hz
- A PC running Windows 98 or above, with a FireWire port. Laptop FireWire ports require a suitable four to six-pin cable.
- It is recommended the PC has at least 2GB RAM with a processing speed of at least 2GHz. The display resolution should be at least 1024x768, true colour.
- The data refresh rate achievable is dependent on the specification of this computer. For example, to achieve 16Hz data refresh and recording rate, a 2.66GHz Intel dual core processor or better is required, and the hard drive must support sustained writes at 9.5 Mb/s.

Overall dimensions

nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.085mm	
Submersible nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.095mm	
rtCam:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.09mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H41-1 / H41-2	0.1 m^3	5kg



Optional accessories

- **H41-3 20° Light sheet Optics for nanoLase**
  The standard 45° light sheet optics can be replaced with item H41-3 in order to produce a narrower 22° fan angle. This can be useful in cases where the nanoLase needs to be placed farther away from the measurement area.
- **H41-5 1.5m tripod for rtCam**
- **H41-6 Snake-arm with magnetic base for nanoLase**
- **H41-7 Snake-arm with G-Clamp base for nanoLase**
- **C4-12 Mounting system for Armfield**
- **C4-MkII flume** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)
- **S16-12 Mounting system for Armfield S16 Hydraulic Flow Demonstrator** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)

Consumables

- **H41-4** Seeding particles suitable for water flows (200g)

Ordering specification

- Particle Image Velocimetry (PIV) system, comprising a laser light sheet projector, a camera system and processing software
- 200mW (Class 3b) 660nm laser, with variable pulse width and pulse spacing
- 45° light sheet optics as standard with optional optics to produce a 20° sheet
- Real-time 2D display of flow velocity vectors updated at up to 16Hz
- Data can be recorded in video (avi), bitmap (bmp), text (csv) and Matlab (mat) formats
- Option of submersible light sheet projector

Ordering details

H41-1 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation

H41-2 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation with submersible nanoLase light sheet projector

Ordering codes

- **H41-1**
- **H41-2**

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

H SERIES

Product List - H1/H12/H14H30/H33/H40/H41

The Armfield **H series** provides a complete range of hydraulics instruments for both teaching and research purposes.

The collection includes Vernier Hook and Point Gauges to measure the steady state water surface position. A selection of easy to use manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6 metres of water.

Pitot tubes designed for measuring the velocity of water in open channels or closed ducts. Propeller Velocity Meter used to measure very low point velocities in water and other conductive fluids. The range additionally introduces students into Particle image Velocimetry (PIV).

H series product list

Vernier hooks, point gauges & stands	
▶ Vernier hooks & point guages	H1-1/H1-2/H1-3
▶ Electronic hook, point gauges & stands	H1-7/H1-8/H1-1
Open water, pressurised, mercury & kerosene manometers	
▶ Open water manometers	H12-1
▶ Pressurised water manometers	H12-2
▶ Mercury manometers	H12-3/H12-4
▶ Kerosene manometers	H12-5
▶ Electronic pressure meters	H12-8/H12-9
Computer compatible manometer bank	
▶ Computer compatible manometer bank	H14/2
Pitot tubes	
▶ Pitot tubes	H30
Propeller velocity flowmeter	
▶ Propeller velocity flowmeter	H33
Wave probe systems & Laser PIV system	
▶ Wave probe systems	H40
▶ Laser PIV system	H41



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Vernier Hook & Point Gauges - H1

H1-1 / H1-3 - Hook & Point Gauges

The measurement of steady state water surface position is frequently needed during hydraulic investigations.

This is done by using a small point or hook manually adjusted to touch the water surface, and a reading is taken of the vertical movement using a scale or vernier.

Description - Vernier Hook & Point Gauges (H1-1, H1-2, H1-3)

A mounting frame is clamped to a suitable support structure and a gauging rod is free to slide up and down over the water surface. A stainless steel hook or point is attached to the bottom end of the rod and is used to locate the water surface.

Gauging is carried out by means of a primary scale attached to the mounting frame and a vernier scale attached to the rod. The scales are in edge contact.

The rod is held in a screwed collar for fine adjustment and can be released for large, rapid changes of position. Zero can be reset by a locking screw positioned on the vernier scale.

Demonstration Capabilities

- Location of air-water surface boundaries with high resolution
- Measurement of slowly changing water levels in flumes and hydraulic models
- Measurement of mechanical deformation

Overall dimensions

H1-1 (150mm):		
Length	265mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-2 (300mm):		
Length	415mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-3 (450mm):		
Length	565mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-1 (150mm):	0.01 m^3	1.2kg
H1-2 (300mm):	0.01 m^3	1.5kg
H1-3 (450mm):	0.01 m^3	1.7kg

Ordering Specification

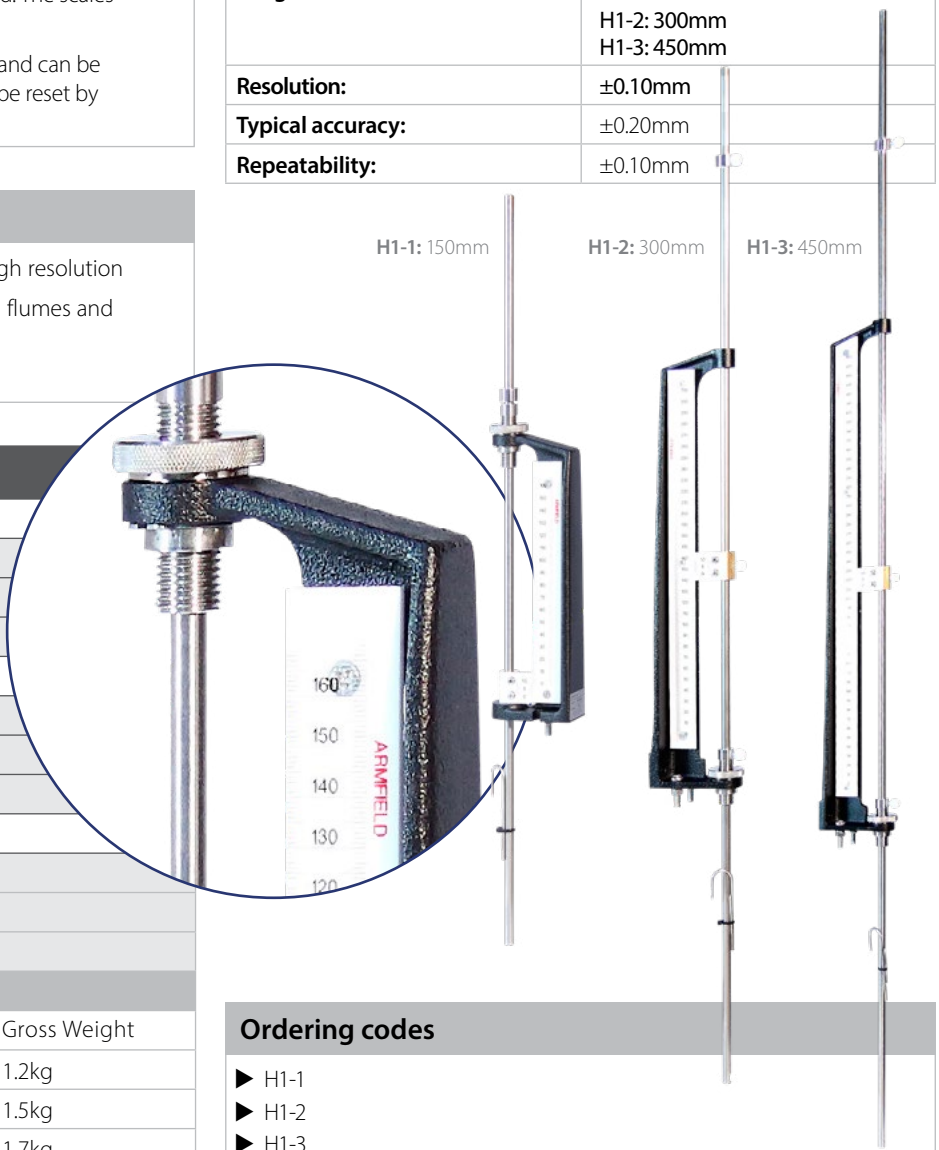
- A rugged low cost gauge for measurement of water surface position to ±0.20mm
- Mounting frame in enamelled cast aluminium
- Gauging rod and adjusting mechanism in bright plated brass
- Supplied complete with stainless steel hook and point

HT1 Accessories

- **H1-11:** Tripod stand

Technical specifications

Ranges:	H1-1: 150mm H1-2: 300mm H1-3: 450mm
Resolution:	±0.10mm
Typical accuracy:	±0.20mm
Repeatability:	±0.10mm



Ordering codes

- H1-1
- H1-2
- H1-3

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Digital Hook & Point Gauges - H1

H1-7 / H1-8 - Digital Hook & Point Gauges

A range of digital hook and point gauges which includes a liquid crystal display which indicates the movement of the gauging rod.

A push button sets the display to zero at any position, allowing the measurement of movement relative to a datum.

Description - Digital Hook & Point Gauges (H1-7, H1-8)

A mounting plate is clamped to a suitable support structure and a flat vertical shaft retained by the gauging unit is free to slide up and down over the water surface.

A steel point or hook is attached to the bottom end of the shaft and is used to locate the water surface.

The gauging unit consists of a liquid crystal electronic display which indicates the movements of the shaft.

A quick-release mechanism permits large changes to be rapidly accommodated, and a screw adjustment is provided for accurate final positioning.

A push button sets the display to zero at any position, so that relative movements compared with a datum can be easily measured.

This gauge is easy to use and minimises potential errors resulting from reading vernier scales.

Ordering Specification

- A direct indicating gauge which eliminates observation errors due to vernier and scale reading.
- Can be set to zero anywhere in the operating range to permit easy relative level checking.
- The liquid crystal display is easy to read and has a resolution of ±0.01mm.
- A push button gives immediate change to inches from millimetres if required.
- A quick-release mechanism permits rapid changes of position.

Overall dimensions

H1-7 (300mm):		
Length	450mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
H1-8 (500mm):		
Length	650mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-7 (300mm):	0.01 m^3	2kg
H1-8 (500mm):	0.02 m^3	2.5kg

Demonstration Capabilities

- Measurement of steady state of water with digital display

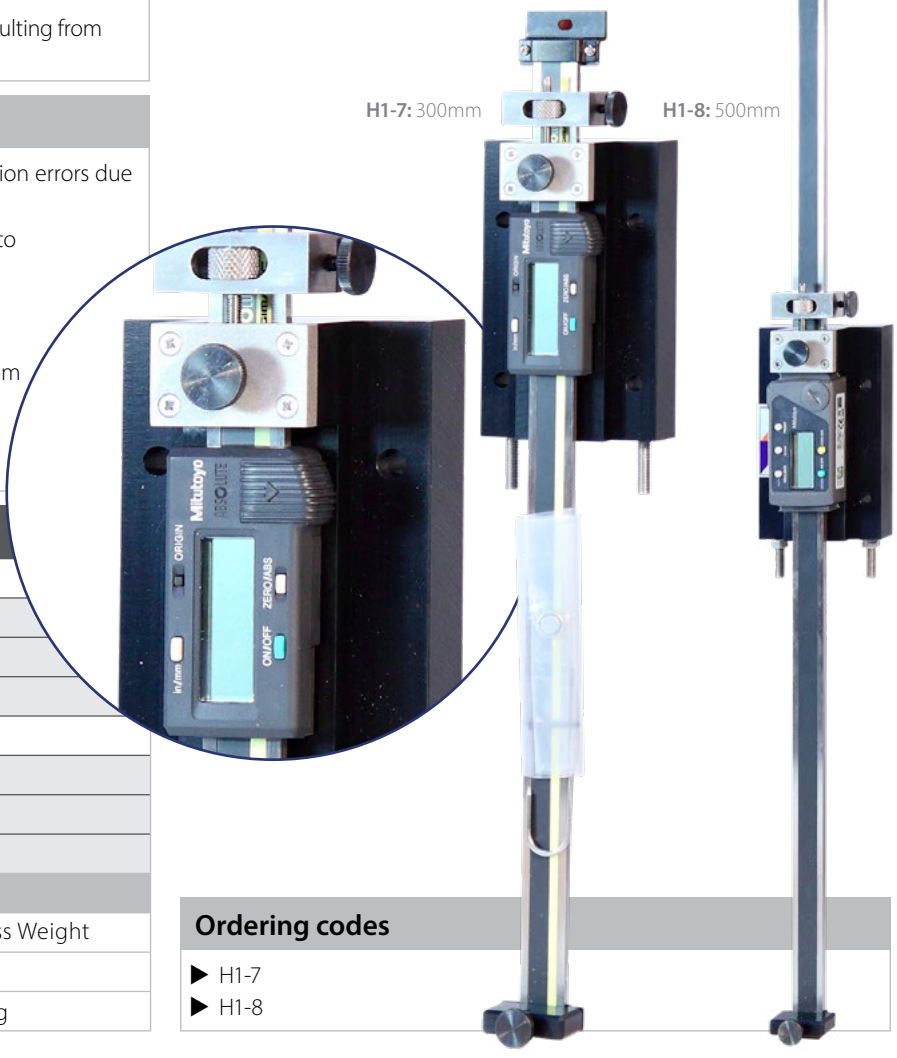
HT1 Accessories

- **H1-11:** Adjustable Tripod stand with mountings

Technical specifications

Ranges:	H1-7: 300mm H1-8: 500mm
Resolution:	±0.01mm
Typical accuracy:	±0.03mm
Repeatability:	±0.01mm
Operating temperature range:	5°C to 40°C

The gauge is powered continuously by a small cell battery with a life in excess of 6 months.
(No 'on/off' switch improves reliability)



Ordering codes

- H1-7
- H1-8

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Tripod Stands - H1-11

HT1-11 - Tripod Stand

A mounting tripod constructed from aluminium alloy is supported on three stainless steel rods secured by thumbscrews.

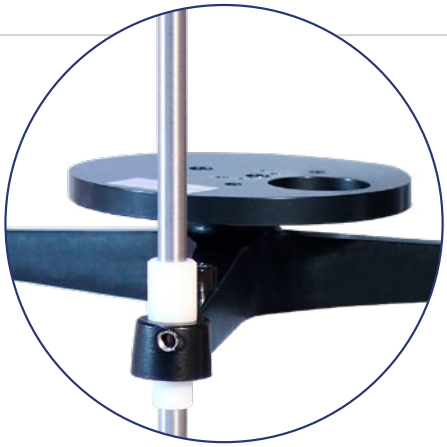
The rods are adjustable allowing the stand to be made level.

Description - Tripod Stand (H1-11)

This stand is suitable for use with vernier type Hook & Point gauges (H1-1, H1-2, H1-3) and the Pitot Tubes (H30). It is essential for the convenient use of the gauges in physical models. Also includes mountings and a clamp plate to make it suitable for other instruments, i.e. the Digital Hook and Point gauges (H1-7, H1-8), the micropropeller used on H32 and Propeller Velocity Flowmeter (H33).

Levelling is assisted by use of a 'Bullseye' spirit level mounted on the top plate.

A carrier plate mounted on the tripod supports the gauge. The whole assembly may be adjusted for height on the support rods.





Technical specifications

Product:	H1-11
Ranges:	500mm (normal)
Diameter of base:	340mm
Overall height:	660mm (without gauge)

Overall dimensions

H1-11:		
Length	340mm	
Width	340mm	
Height	660mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-11:	0.15 m^3	6kg

Ordering codes

▶ H1-11 Adjustable tripod stand with mountings

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Liquid Manometers & Meters - H12

H12-1 / H12-7 - Liquid Manometers

A range of general purpose laboratory manometers using liquid displacement to measure differential pressure.

Description - Liquid Manometers (H12-1 / H12-7)

A range of manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6m H2O. Scales are graduated in 1mm divisions.

H12-1: 1 metre scale differential open water manometer

H12-2: 1 metre scale differential pressurised water manometer (the air space above the tubes can be pressurised with the pump supplied)

H12-3: 1 metre scale differential water over Mercury manometer - Range 12.6m H2O

H12-4: 500mm scale differential water over Mercury manometer - Range 6.3m H2O

H12-5: 500mm scale differential kerosene over water manometer - Range 0.213m H2O

Accessories

H12-6: Free-standing column with height adjustment to take two manometers.

H12-7: Self-sealing and self-bleeding pressure tapping system which allows a pair of pressurised water or mercury manometers to be connected into and disconnected from a number of points around a pumped system.

The equipment consists of ten self-sealing pressure tapping points with 1/4" BSP male threads for fitting into the system and four self-bleeding pressure tapping lines for connection to two differential manometers. Tapping line bleeding is obtained with four in-line vented shut-off valves conveniently mounted on a fixing bracket. The system is supplied complete with a quantity of translucent plastic tubing.

Demonstration Capabilities

- Low cost and easy to use instruments
- Wide range of pressures accommodated using different manometer fluids

Ordering Specification

See description:

NOTE: Due to its hazardous nature and severe shipping restrictions, Mercury is not included in Armfield's scope of supply.

Overall dimensions

See description:

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-1 / H12-7	0.1 m^3	21.5kg



Ordering codes

- H12-1
- H12-2
- H12-3
- H12-4
- H12-5

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-8

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 2000 mBar (0 - 1500mmHg).

This unit is particularly suitable for use in applications where Mercury manometers have traditionally been used. The use of Mercury is not desirable in a laboratory environment due to its hazardous nature.

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 2 Bar differentially and the unit is capable of withstanding 6 Bar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Technical Details

Measuring range:	0 - 2000mBar (0 - 1500mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	1mBar (1mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Maximum overpressure:	6200 mBar (4650 mmHg)
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H12-8	0.005m³	1kg

Ordering Specification

▶	**H12-8**	Basic Portable Pressure Meter



H12-8

Ordering codes

▶ **H12-8**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-9

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 140 mBar(0 - 99.99mmHg).

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 140 mBar differentially and the unit is capable of withstanding 400 mBar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Ordering Specification

▶	**H12-9**	Basic Portable Pressure Meter



H12-9

Technical Details

Measuring range:	0 - 140mBar (0 - 99.99mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	0.1mBar (0.01mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Repeatability:	+/-0.1% of full scale
Maximum overpressure:	400 mBar
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-9	0.005m³	1kg

Ordering codes

▶ **H12-9**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Computer compatible manometer bank - H14/2

H14/2 - Computer Compatible Manometer Bank

The Armfield H14/2 is designed to replace banks of manometers when used in conjunction with a number of Armfield products. Sixteen simultaneous pressure measurements can be displayed on a user supplied computer and the information data logged.

Two modes of operation are available:

Mode 1: 16 general purpose channels (350mm H20), with a common reference, suitable for monitoring both wet and dry systems.

Mode 2: 14 general purpose channels as above, plus 2 differential high sensitivity channels (125mm H20 differential), for accurate measurement of low differential pressures (suitable for dry air only).

Description - H14/2

The pressure monitor points are located on the front panel of the unit, with adapters to allow flexible plastic tubing to be attached. Two different sizes of tubing can be used (2mm and 3mm inside diameter). This tubing connects to the test points on the equipment being monitored.

The manometer system connects to the customer supplied computer using a USB interface. The measured pressures are displayed on the computer screen in both numeric and bar chart format.

Sophisticated software is provided with facilities to:

- Display the data from the 16 channels in real time
- Record data either on operator request, or at constant sampling periods
- Define the data sampling periods to be used
- Record data onto the computer for later retrieval, including the option to record the data in Excel format
- Display tables and graphs of the captured data, with real time updates
- Calibrate and scale the individual measurement channels
- Zero the data channels before taking measurements

Ordering Specification

- Electronic multiple channel pressure measurement system designed to replace liquid manometer banks
- 16 simultaneous measurements displayed on a PC (not supplied)
- Sophisticated software included, for logging, recording and displaying data
- 16 channels of 350mm H20 capacity, or 14 channels of 350mm plus 2 channels of 125mm H20 differential

Technical Details

General purpose channels:	
Range:	0 to 350mm H_20
Repeatability:	0.5mm H_20
Absolute accuracy:	0.5% FSD
Media:	Wet or Dry, non corrosive
High sensitivity channels:	
Range:	0 to 125mm H_20 differential
Repeatability:	0.1mm H_20
Media:	Dry air only

Essential Equipment

Personal computer, with USB interface, running Windows 8 and later.

Requirements

AC mains: Universal input, 100-250V ac, 50-60Hz

Associated Armfield Products

C2: Subsonic Wind Tunnel
F6: Air Flow Studies

H14/2



Overall dimensions

Length	250mm
Width	260mm
Height	113mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H14/2:	0.015m^3	15kg

Ordering codes

- **H14/2**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Pitot Tube - H30

H30-1H / H30-3H - Pitot Tubes

A range of Pitot tubes for the measurement of water velocity in open channels and closed ducts.

Description

Tubes are in stainless steel and mounted on a supporting body with scale. They are supplied with a watertight gland for installation below water level.

In order to measure velocity, the Pitot tubes must be connected to a manometer, such as the Armfield H12-8 or H12-9.

When used with the H12-9, the range is 0 - 5.2m/s. When used with the H12-8 the range is 0 - 19.8m/s

Ordering Specification

- **H30-1H:**
  - 150mm Pitot tube
  - 150mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-2H:**
  - 300mm Pitot tube
  - 300mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-3H:**
  - 450mm Pitot tube
  - 450mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand
H12-8: Portable pressure meters
H12-9: Portable pressure meters





Overall dimensions

See Order Specifications

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H30-1H / H30-2H / H30-3H	0.1m³	5kg

Ordering codes

▶ **H30-1H** ▶ **H30-2H** ▶ **H30-3H**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Propeller Velocity Flowmeter - H33 / H33-10

H33 - Propeller Velocity Flowmeter

Used to measure very low point-velocities in water and other conductive fluids, this flowmeter uses the impedance of a rotating multi-bladed propeller to indicate rotational speed caused by the flowing fluid.

Description - H33

The fine diameter of the sensing head enables the meter to be used in small ducts and channels with an ability to measure fluid velocity as low as 25 mm/sec.

A probe and digital indicator are required in combination to perform measurements but the digital indicator is supplied separately from the probes to allow an appropriate probe to be selected to suit specific applications.

Miniature Propeller Probes (H33-1/H33-2/H33-3)

Each probe consists of a sensing head that is mounted at the end of a slim stainless steel stem. A co-axial connector at the top of the stem allows the probe to be connected to the H33-10 Digital Indicator.

The sensing head consists of a 5-bladed propeller that runs in jewelled bearings. The propeller is able to rotate freely within a protective shrouded cage. An insulated gold electrode terminates 0.1mm from the tip of the rotating blades and detects the change in electrical impedance as each blade passes. As there is no physical contact between the electrode and blade, the propeller can rotate freely and respond to low velocity of the surrounding fluid.

Technical Details H33

Rotor:	11.6 mm diameter, machined plastic (balanced)
Spindle:	Hardened stainless steel with conical ends
Bearings:	Synthetic sapphire vee jewels
Cage:	Nickel plated bronze
Stem:	Stainless steel
Electrical connector:	Co-axial
Weight:	0.20kg
Immersion length:	420mm maximum

Capabilities

- Measurement of velocity in clean conductive fluid within the range 25 to 1500mm/sec (up to 3000mm/sec with the high speed probe)
- Operation in confined spaces with limited intrusive effects
- Suitable for both laboratory and field applications - battery powered (rechargeable) and fully portable
- Measurements are indicated on the digital display and may be connected to a data logger for later analysis

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand with mountings

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H33/1/2/3:	0.1m^3	2kg
H33-10:	0.1m^3	5kg

H33-10 - Digital Indicator

The digital indicator has been developed for use with the miniature propeller probes H33-1/2/3 where laboratory or field measurement of water velocity is required.

Description - H33-10

The digital indicator may be battery powered or mains powered using the standard power adaptor supplied. The power adaptor is intended for world-wide use and has four interchangeable plugs to suit all regions. The unit can operate on 110 Volts or 230 Volts at 50Hz or 60Hz.

When connected to an appropriate probe, the unit will indicate frequency of the pulses from the propeller that can be converted to water velocity using the calibration chart supplied with the probe. The unit can be programmed to read water velocity directly in units of cm/sec by entering a calibration constant for the probe in use (obtained from the chart supplied with each probe). Alternatively the unit can be programmed to count the pulses continuously, allowing averaging of the velocity measurement over a longer (user defined) period.

A 0-5 V DC output allows the unit to be connected to a suitable data logger to provide a permanent record of the variations in water velocity with time. A co-axial lead, 3 metres long, is supplied with the digital indicator for connecting it to any of the miniature propeller probes described above.

Technical Details H33-10

Power:	Four AA rechargeable batteries (supplied)
Battery life:	Typically 300 hrs on full charge
Display:	3-digit liquid crystal
Controls:	On/off switch, sample time switches for 1 & 10 seconds
Input:	Miniature socket for co-axial cable from probe
Output	0-5V DC
Case size:	190 x 136 x 55mm overall Moulded ABS plastic
Weight:	0.55kg with batteries fitted



H33-10 Flow meter shown with probe

Ordering codes

▶ **H33** ▶ **H33-1** ▶ **H33-2** ▶ **H33-3** ▶ **H33-10**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Wave Probe System - H40-MKII

H40-MKII - Wave Probe System

The H40-MKII is suitable for use in:

2D flume: For this configuration, the wave probes are supplied with a mounting block allowing the calibration stem, that is fixed to the wave probe head, to be attached to any vertical surface.

3D wave basin: For basins, The H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod is used for mounting the 600 to 1200 mm wave probes. For shallow water up to 1m depth, a smaller stand to fit 300 mm wave probes is available.

Description - H40-MKII

The H40-MKII Wave Probe Case contains the signal conditioning circuitry for up to eight wave probes and a network connection to allow a computer to configure the probes. If more than eight probes are required to be used at the same time in the physical model then multiple cases can be linked together, so that only one computer is required for configuration.

The input connections for the wave probes are provided using 4mm sockets on one face of the case. The opposite face has connections to allow the device to be directly connected to a computer via an Ethernet cable and to an existing data acquisition system using analogue signal outputs. The unit is powered from an external 24Vdc laptop-style power supply.

The wave probe case is set up using a built-in web page which is accessed from the PC using the network connection. Whilst testing is underway the data acquired by the instrument is also transmitted over the network connection for collection by appropriate software(not supplied by Armfield).

The wave probe operates by measuring the current that flows between two stainless steel wires that are immersed in water. This current is converted to an output voltage that is directly proportional to the immersed depth. Each wave probe case contains the energising and sensing circuits for the operation of eight wave probes and provides an output voltage (0-5V) for all eight channels on a 16-way output connector. In order to avoid polarisation effects at the probe, a high frequency square wave is used to energise the probe.

Adjacent probes are set to different frequencies to allow probes to be used close together without causing any interference. Each wave probe channel contains circuitry designed to compensate for the resistance of the cable that connects the probe to the wave probe unit. Without this compensation, the output of the wave probe monitor would be non-linear.

The probe output voltage is converted to a digital reading using an analogue to digital converter and the readings are batched and transmitted over the network in packets of data at a rate of 100 samples per second. The configuration process allows the user to set the output level for a given initial probe immersion. This enables the user to scale the output, from zero (no water over probe) to maximum output for a desired full scale immersion.

The wave probes comprise two parallel stainless steel rods with a plastic head and foot. The head is fixed to the calibration stem and a mounting block is supplied that allows the calibration stem to be fixed to any vertical surface.

Overall dimensions

Length 250mm / **Width** 100mm / **Height** 40mm

Packed and crated shipping specifications		
H40-MKII	0.1m^3	3kg

Features / benefits

- Extremely linear output
- No hysterisis
- Reliable, proven design, easily calibrated
- Longer distances from the data acquisition PC can be achieved by linking two wave probe cases together
- Suppled with 8 channels as standard
- Data can be logged directly into a computer via the network link

Technical specification (Wave probe case)

Case configuration:	8 channels (wave probes)
Output signals:	EtherNET digital output comms cable network to data acquisition PC 0-5 V via 16-wayIDC connector
Excitation frequency:	3 kHz to 11 kHz
Filter band width:	-3 dB at 2 0Hz
Supply voltage:	220 or 110 V ±10% 40-60 Hz
Trigger function:	+5 V input signal trigger

Technical specification (Wave probe)

Active working range:	300, 600, 900, 1200mm
Probe diameter (300mm):	1.6mm
Probe diameter (600, 900,1200mm):	6.0mm
Probe cable length:	30m (Supplied)

Requirements

1Ph

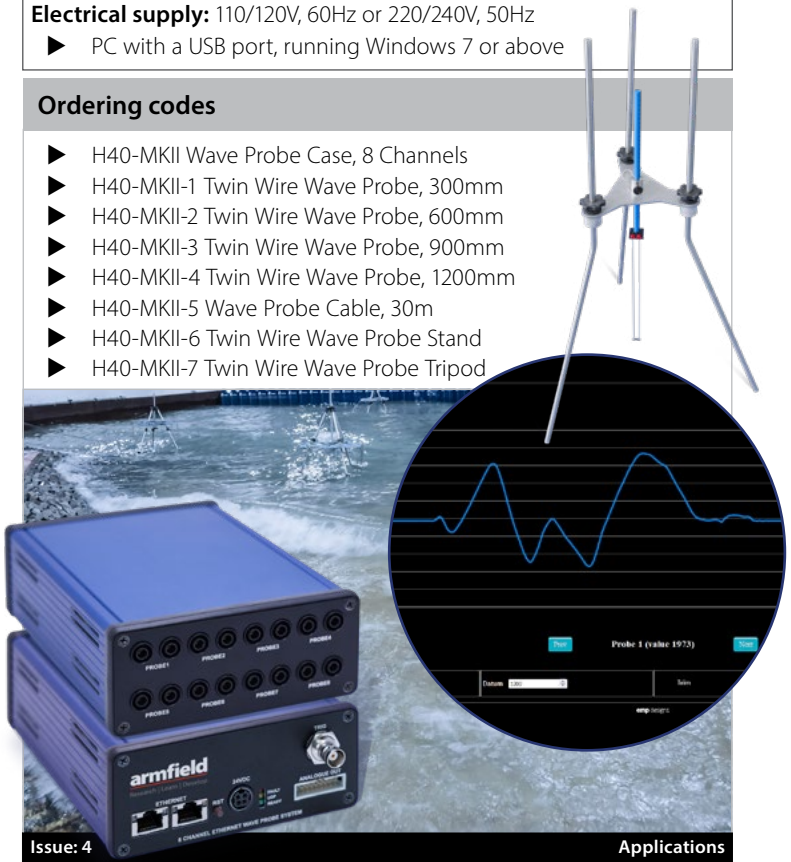
Electrical supply: 110/120V, 60Hz or 220/240V, 50Hz

- PC with a USB port, running Windows 7 or above

Scale

Ordering codes

- H40-MKII Wave Probe Case, 8 Channels
- H40-MKII-1 Twin Wire Wave Probe, 300mm
- H40-MKII-2 Twin Wire Wave Probe, 600mm
- H40-MKII-3 Twin Wire Wave Probe, 900mm
- H40-MKII-4 Twin Wire Wave Probe, 1200mm
- H40-MKII-5 Wave Probe Cable, 30m
- H40-MKII-6 Twin Wire Wave Probe Stand
- H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Laser PIV System - H41

Description

The H41 consists of two main assemblies: the nanoLase light sheet projector and the rtCam camera, with built-in timing synchroniser. The rtCam interfaces to the rtControl software package, which runs on a standard PC under Windows XP (not supplied by Armfield).

The nanoLase consists of a low-power solid-state laser, together with optics to form the beam into a ~3mm thick, 45° wide light sheet. The laser is modulated to produce pairs of pulses, with an adjustable delay (known as Δt) of between 100µs and 5s. Both the pulse separation and pulse width can be set directly from the rtControl software.

The nanoLase and rtCam are arranged orthogonally around the flow to be measured, with the laser being used to illuminate flow-following 'seeding' particles that have been mixed into the water. The system is supplied with 100g of 100µm polyamide particles, which are suitable for the majority of water-based flows. These particles scatter light toward the rtCam, which acquires a pair of images every time the laser emits a pulse pair.

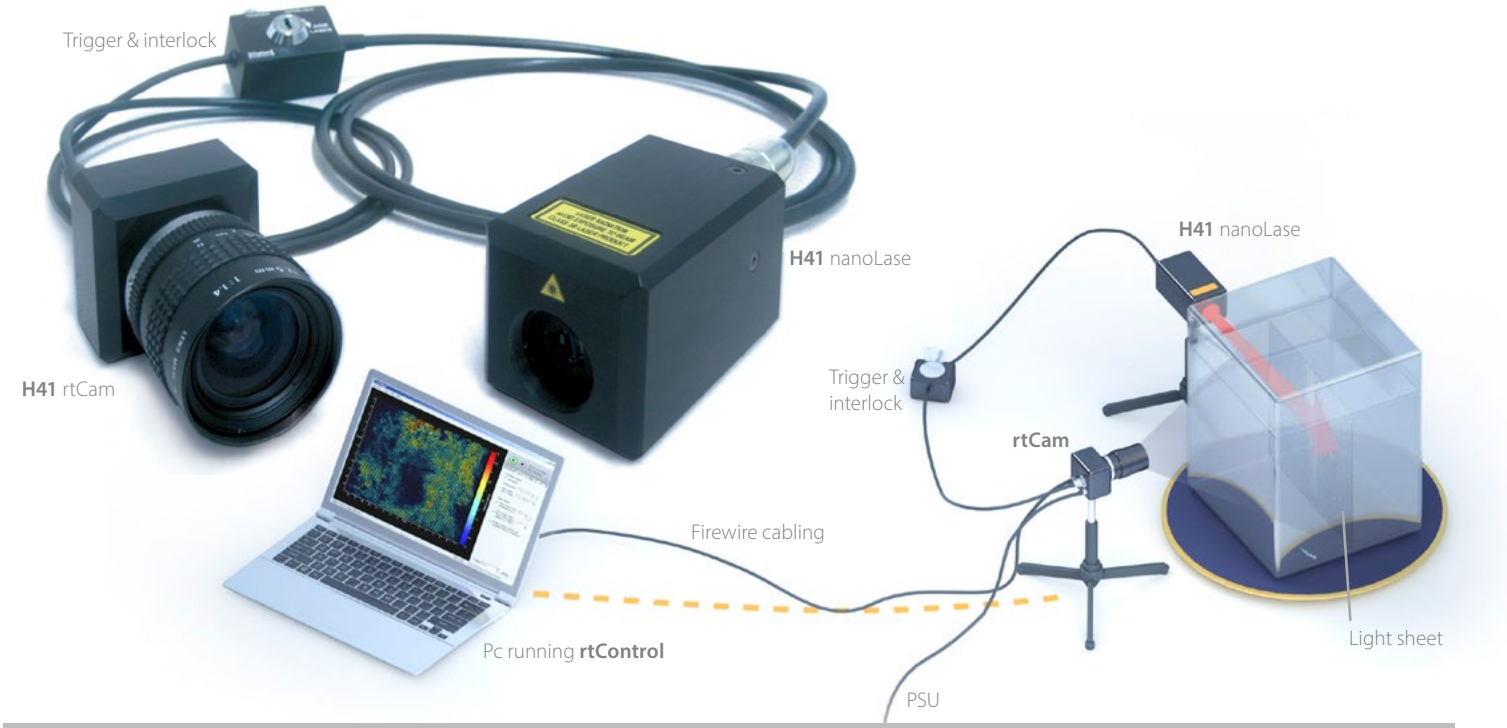
Each pair of particle images are immediately sent to the control PC using a standard FireWire (IEEE 1394) connection. The rtControl software then subdivides the images into 'tiles', which are cross-correlated in order to measure the displacement of the seeding particles in that area.

Because the delay between the images is known, a velocity map can be calculated for the whole of the camera's field of view. While most PIV systems take several minutes to get to this point, rtCam and rtControl can repeat the entire process up to 16 times a second.

In addition to the real-time velocity vector maps, rtControl can calculate and display derived statistical data (such as vorticity or time-averaged velocity) with options to superimpose vectors, scalars, and video on top of each other. Similarly, there are options to record data as either raw images (in BMP format), or as processed vectors or scalars (in AVI movie, CSV spreadsheet, or Matlab® archive format). Previously recorded data sets can be loaded into rtControl for subsequent display and analysis.

Both the rtCam and the nanoLase are fitted with standard mountings suitable for a selection of different mounting mechanisms. The system is supplied with one small desktop tripod; larger tripods and various snake-arm mounts are available as accessories. Also available are purpose-designed mounts designed for use with Armfield flow channels.

The system is provided complete with all cables and packed into an aluminium flight case for safe storage and easy transport.



Features

- The H41 uses particle image velocimetry (PIV) to measure, non-intrusively, fluid velocities at multiple points in a flow, at a rate of up to 16Hz.
- The compact and portable hardware (which uses a safe, non-pulsed Class 3b laser) and extremely easy-to-use software with real-time display, make this an ideal tool for undergraduate teaching and demonstration.
- With its sophisticated multipass processing, the H41 matches the performance of higher power PIV systems costing several times more. It is therefore also an ideal, cost-effective tool for experimental fluid dynamics research.
- The intuitive software provides a wide range of processing, display and recording functions for both velocity and derived statistical data, using a standard PC.

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

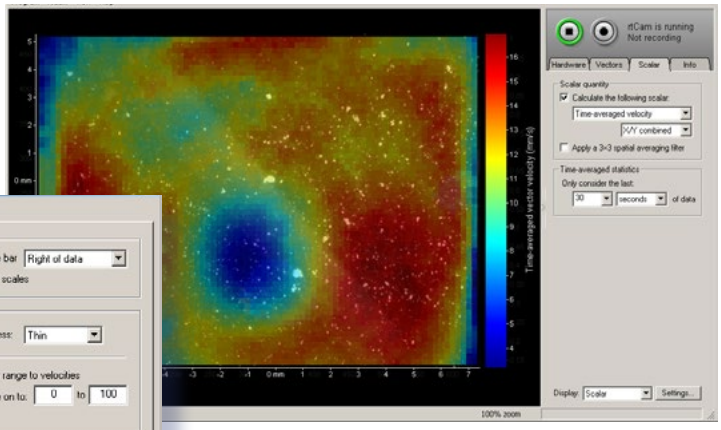
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Technical specifications

Lasers:	▶ Solid-state air-cooled 200mW, 660nm laser diode (Class 3b) ▶ Standard optics produce a ca 3mm thick, 45° light sheet (ca 200mm wide at 250mm) ▶ Interchangeable 20° light sheet optic available (H41-3) ▶ Pulse separation (Δt) of between 100µs and 5s (in steps of 10µs) ▶ Pulse width of between 10µs and 32ms (in steps of 10µs)
Camera:	▶ Super-sensitive VGA CMOS sensor: - 640x480, 6.0µm pixels (1/3" format); - ~50% quantum efficiency at 660nm; - 75-110dB dynamic range; - 4.8 V/lux-sec sensitivity ▶ Trigger input enables image pair acquisition to be synchronised with external events ▶ Accepts standard CS or C-mount lenses (12.5mm f/1.4 lens supplied) ▶ Camera exposure can be linked to the laser's pulsing, thereby enabling operation in a lit room

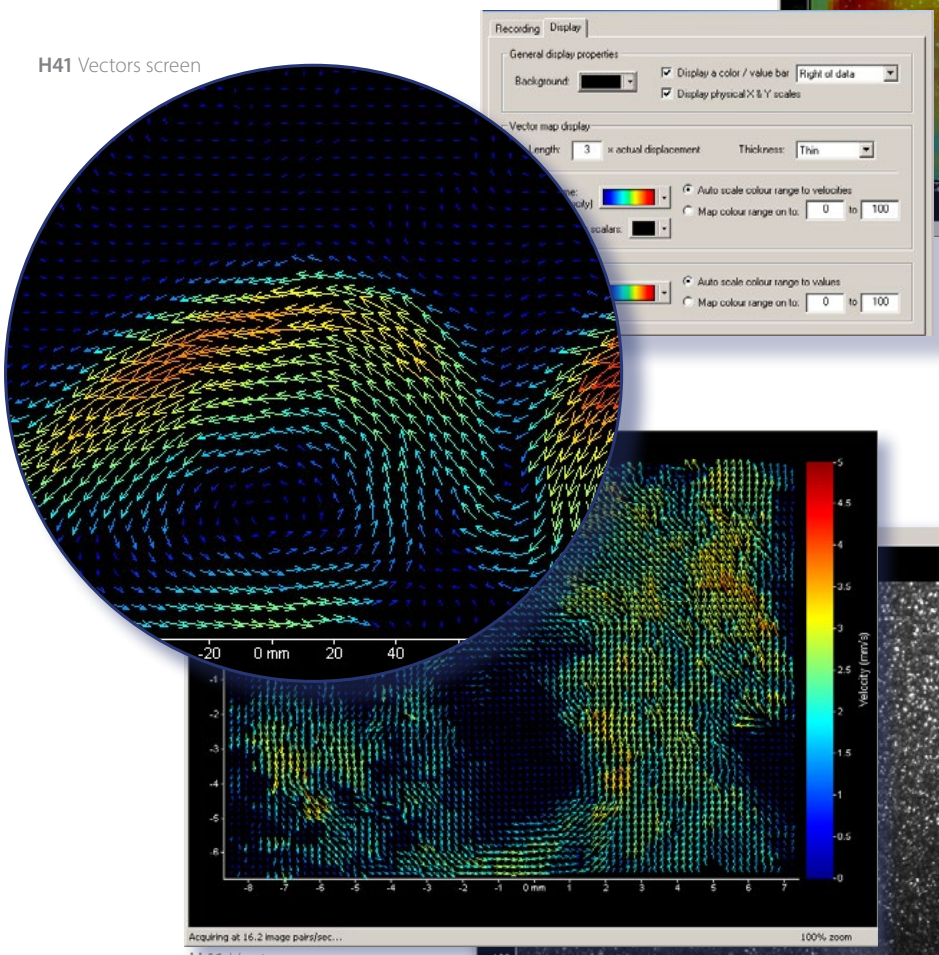
Software processing

- ▶ Data refresh and recording rate up to 16Hz (dependent on the computer speed, the selected acquisition and PIV analysis parameters and the recording taking place)
- ▶ Real-time, or offline, two-component vector calculation
- ▶ Single-pass or adaptive multipass cross-correlation with 8, 12, 16, 24, 32 or 64 pixel window sizes
- ▶ 0% or 50% window overlap (ie maps of up to 19,000 vectors)
- ▶ Optional vector interpolation and filtering based on:
  - User-supplied velocity limits
  - RMS of neighbouring vectors' values
- ▶ Calculation of the following derived scalars:
  - Vector angle and magnitude
  - Vorticity and swirl
  - Time-averaged mean velocity
  - RMS and turbulence intensity
- ▶ Where applicable, vector component and statistical sample number are user-defined

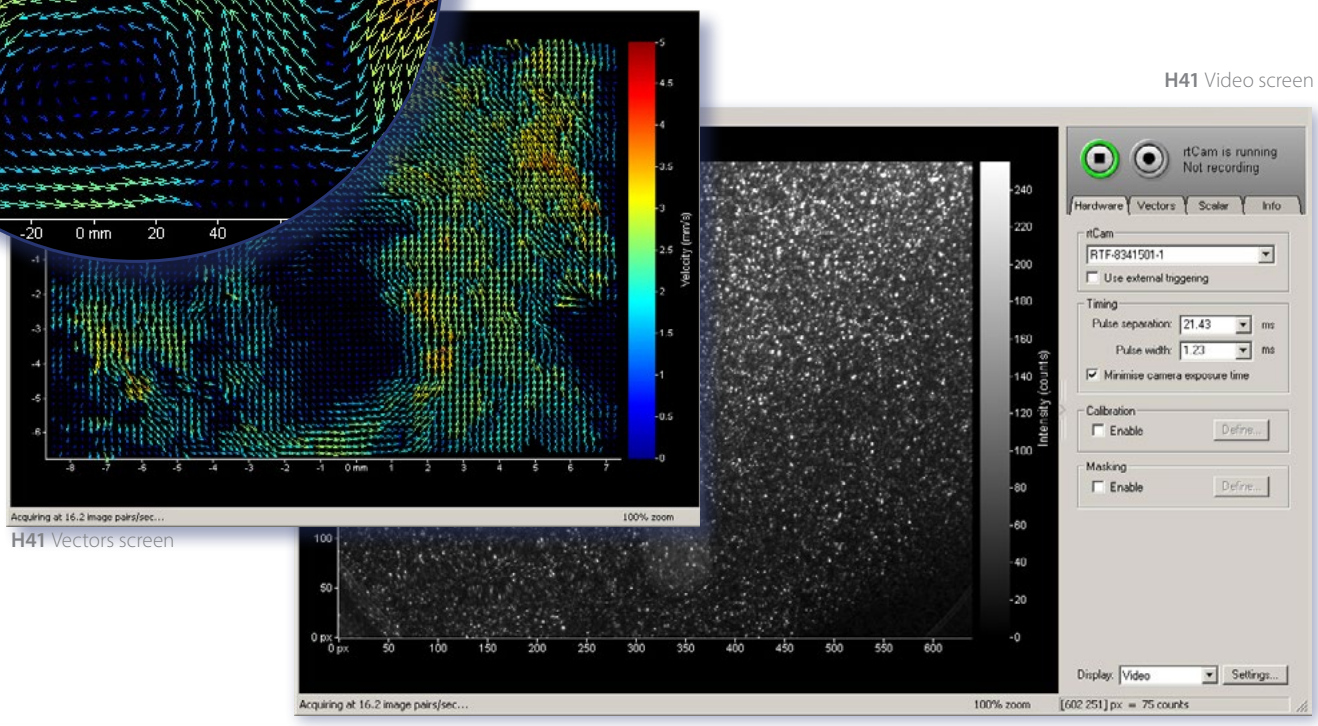


H41 Scalar screen

H41 Vectors screen



H41 Video screen



H41 Vectors screen

Options

- A range of further options are available to suit specific user applications, including:
- Waterproof enclosure for the rtCam, to enable complete submersion in water, eg for use with a large towing tank
- Flashlamps can be supplied in place of the nanoLase, for surface velocimetry measurements
- Higher power versions of the nanoLase are available for measuring larger areas or faster flows
- The rtCam can be supplied with macro or telephoto lenses
- A light-sheet thickness adjuster is available for micro-PIV measurements

Please contact Armfield for further details of these options.

Requirements



Scale



- Electrical supply:
  H41-1-A, H41-2-A: 220-240V/1ph/50Hz
- Voltage Variants:
  H41-1, H41-2: 90-264V, 47-63Hz
- A PC running Windows 98 or above, with a FireWire port. Laptop FireWire ports require a suitable four to six-pin cable.
- It is recommended the PC has at least 2GB RAM with a processing speed of at least 2GHz. The display resolution should be at least 1024x768, true colour.
- The data refresh rate achievable is dependent on the specification of this computer. For example, to achieve 16Hz data refresh and recording rate, a 2.66GHz Intel dual core processor or better is required, and the hard drive must support sustained writes at 9.5 Mb/s.

Overall dimensions

nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.085mm	
Submersible nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.095mm	
rtCam:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.09mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H41-1 / H41-2	0.1 m^3	5kg



Optional accessories

- **H41-3 20° Light sheet Optics for nanoLase**
  The standard 45° light sheet optics can be replaced with item H41-3 in order to produce a narrower 22° fan angle. This can be useful in cases where the nanoLase needs to be placed farther away from the measurement area.
- **H41-5 1.5m tripod for rtCam**
- **H41-6 Snake-arm with magnetic base for nanoLase**
- **H41-7 Snake-arm with G-Clamp base for nanoLase**
- **C4-12 Mounting system for Armfield**
- **C4-MkII flume** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)
- **S16-12 Mounting system for Armfield S16 Hydraulic Flow Demonstrator** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)

Consumables

- **H41-4** Seeding particles suitable for water flows (200g)

Ordering specification

- Particle Image Velocimetry (PIV) system, comprising a laser light sheet projector, a camera system and processing software
- 200mW (Class 3b) 660nm laser, with variable pulse width and pulse spacing
- 45° light sheet optics as standard with optional optics to produce a 20° sheet
- Real-time 2D display of flow velocity vectors updated at up to 16Hz
- Data can be recorded in video (avi), bitmap (bmp), text (csv) and Matlab (mat) formats
- Option of submersible light sheet projector

Ordering details

H41-1 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation

H41-2 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation with submersible nanoLase light sheet projector

Ordering codes

- **H41-1**
- **H41-2**

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

H SERIES

Product List - H1/H12/H14H30/H33/H40/H41

The Armfield **H series** provides a complete range of hydraulics instruments for both teaching and research purposes.

The collection includes Vernier Hook and Point Gauges to measure the steady state water surface position. A selection of easy to use manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6 metres of water.

Pitot tubes designed for measuring the velocity of water in open channels or closed ducts. Propeller Velocity Meter used to measure very low point velocities in water and other conductive fluids. The range additionally introduces students into Particle image Velocimetry (PIV).

H series product list

Vernier hooks, point gauges & stands	
▶ Vernier hooks & point guages	H1-1/H1-2/H1-3
▶ Electronic hook, point gauges & stands	H1-7/H1-8/H1-1
Open water, pressurised, mercury & kerosene manometers	
▶ Open water manometers	H12-1
▶ Pressurised water manometers	H12-2
▶ Mercury manometers	H12-3/H12-4
▶ Kerosene manometers	H12-5
▶ Electronic pressure meters	H12-8/H12-9
Computer compatible manometer bank	
▶ Computer compatible manometer bank	H14/2
Pitot tubes	
▶ Pitot tubes	H30
Propeller velocity flowmeter	
▶ Propeller velocity flowmeter	H33
Wave probe systems & Laser PIV system	
▶ Wave probe systems	H40
▶ Laser PIV system	H41



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Vernier Hook & Point Gauges - H1

H1-1 / H1-3 - Hook & Point Gauges

The measurement of steady state water surface position is frequently needed during hydraulic investigations.

This is done by using a small point or hook manually adjusted to touch the water surface, and a reading is taken of the vertical movement using a scale or vernier.

Description - Vernier Hook & Point Gauges (H1-1, H1-2, H1-3)

A mounting frame is clamped to a suitable support structure and a gauging rod is free to slide up and down over the water surface. A stainless steel hook or point is attached to the bottom end of the rod and is used to locate the water surface.

Gauging is carried out by means of a primary scale attached to the mounting frame and a vernier scale attached to the rod. The scales are in edge contact.

The rod is held in a screwed collar for fine adjustment and can be released for large, rapid changes of position. Zero can be reset by a locking screw positioned on the vernier scale.

Demonstration Capabilities

- Location of air-water surface boundaries with high resolution
- Measurement of slowly changing water levels in flumes and hydraulic models
- Measurement of mechanical deformation

Overall dimensions

H1-1 (150mm):		
Length	265mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-2 (300mm):		
Length	415mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
H1-3 (450mm):		
Length	565mm	
Width	75mm	
Height	50mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-1 (150mm):	0.01 m^3	1.2kg
H1-2 (300mm):	0.01 m^3	1.5kg
H1-3 (450mm):	0.01 m^3	1.7kg

Ordering Specification

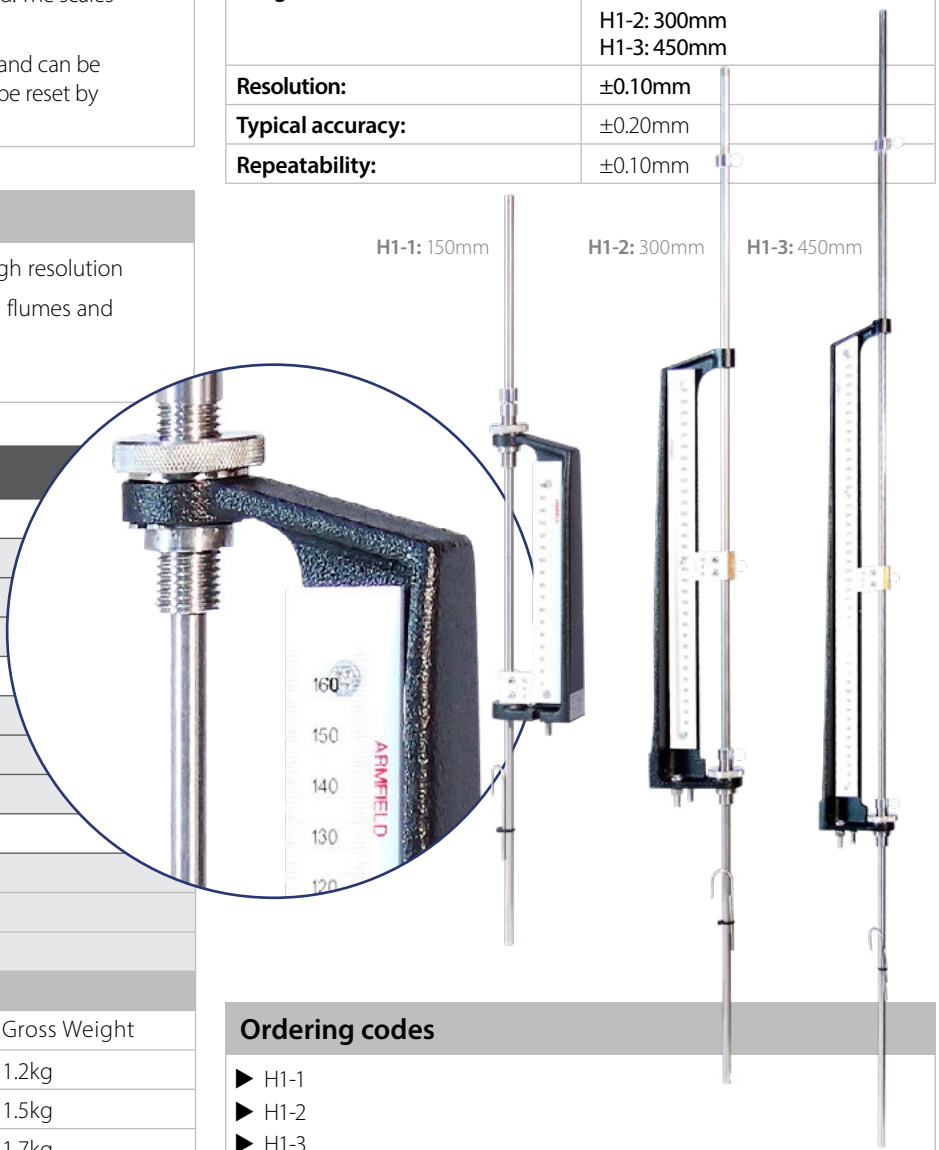
- A rugged low cost gauge for measurement of water surface position to ±0.20mm
- Mounting frame in enamelled cast aluminium
- Gauging rod and adjusting mechanism in bright plated brass
- Supplied complete with stainless steel hook and point

HT1 Accessories

- **H1-11:** Tripod stand

Technical specifications

Ranges:	H1-1: 150mm H1-2: 300mm H1-3: 450mm
Resolution:	±0.10mm
Typical accuracy:	±0.20mm
Repeatability:	±0.10mm



Ordering codes

- H1-1
- H1-2
- H1-3

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Digital Hook & Point Gauges - H1

H1-7 / H1-8 - Digital Hook & Point Gauges

A range of digital hook and point gauges which includes a liquid crystal display which indicates the movement of the gauging rod.

A push button sets the display to zero at any position, allowing the measurement of movement relative to a datum.

Description - Digital Hook & Point Gauges (H1-7, H1-8)

A mounting plate is clamped to a suitable support structure and a flat vertical shaft retained by the gauging unit is free to slide up and down over the water surface.

A steel point or hook is attached to the bottom end of the shaft and is used to locate the water surface.

The gauging unit consists of a liquid crystal electronic display which indicates the movements of the shaft.

A quick-release mechanism permits large changes to be rapidly accommodated, and a screw adjustment is provided for accurate final positioning.

A push button sets the display to zero at any position, so that relative movements compared with a datum can be easily measured.

This gauge is easy to use and minimises potential errors resulting from reading vernier scales.

Ordering Specification

- A direct indicating gauge which eliminates observation errors due to vernier and scale reading.
- Can be set to zero anywhere in the operating range to permit easy relative level checking.
- The liquid crystal display is easy to read and has a resolution of ±0.01mm.
- A push button gives immediate change to inches from millimetres if required.
- A quick-release mechanism permits rapid changes of position.

Overall dimensions

H1-7 (300mm):		
Length	450mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
H1-8 (500mm):		
Length	650mm	
Width	75mm	
Height	40mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-7 (300mm):	0.01 m^3	2kg
H1-8 (500mm):	0.02 m^3	2.5kg

Demonstration Capabilities

- Measurement of steady state of water with digital display

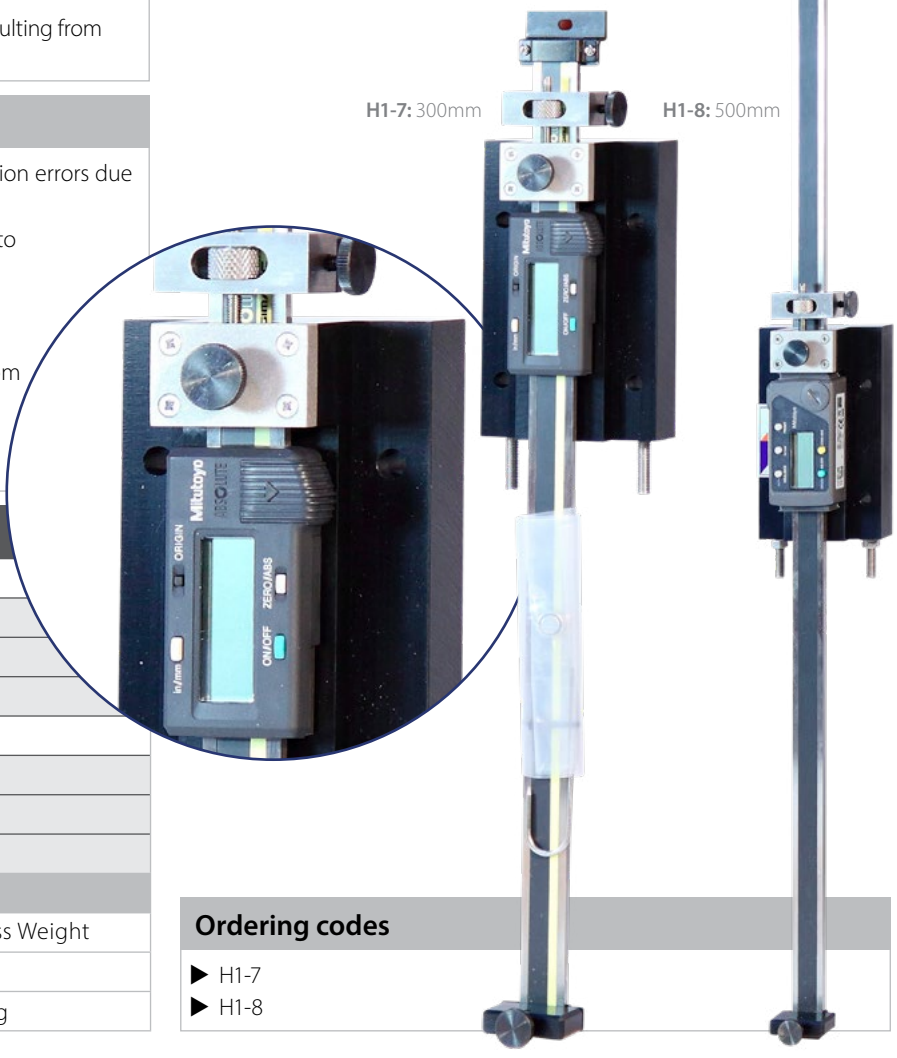
HT1 Accessories

- **H1-11:** Adjustable Tripod stand with mountings

Technical specifications

Ranges:	H1-7: 300mm H1-8: 500mm
Resolution:	±0.01mm
Typical accuracy:	±0.03mm
Repeatability:	±0.01mm
Operating temperature range:	5°C to 40°C

The gauge is powered continuously by a small cell battery with a life in excess of 6 months.
(No 'on/off' switch improves reliability)



Ordering codes

- H1-7
- H1-8

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Tripod Stands - H1-11

HT1-11 - Tripod Stand

A mounting tripod constructed from aluminium alloy is supported on three stainless steel rods secured by thumbscrews.

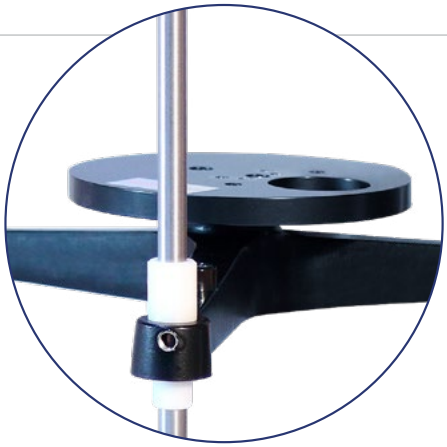
The rods are adjustable allowing the stand to be made level.

Description - Tripod Stand (H1-11)

This stand is suitable for use with vernier type Hook & Point gauges (H1-1, H1-2, H1-3) and the Pitot Tubes (H30). It is essential for the convenient use of the gauges in physical models. Also includes mountings and a clamp plate to make it suitable for other instruments, i.e. the Digital Hook and Point gauges (H1-7, H1-8), the micropropeller used on H32 and Propeller Velocity Flowmeter (H33).

Levelling is assisted by use of a 'Bullseye' spirit level mounted on the top plate.

A carrier plate mounted on the tripod supports the gauge. The whole assembly may be adjusted for height on the support rods.





Technical specifications

Product:	H1-11
Ranges:	500mm (normal)
Diameter of base:	340mm
Overall height:	660mm (without gauge)

Overall dimensions

H1-11:		
Length	340mm	
Width	340mm	
Height	660mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H1-11:	0.15 m^3	6kg

Ordering codes

▶ H1-11 Adjustable tripod stand with mountings

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Liquid Manometers & Meters - H12

H12-1 / H12-7 - Liquid Manometers

A range of general purpose laboratory manometers using liquid displacement to measure differential pressure.

Description - Liquid Manometers (H12-1 / H12-7)

A range of manometers measuring differential water pressures up to approximately 12.6m H2O. Scales are graduated in 1mm divisions.

H12-1: 1 metre scale differential open water manometer

H12-2: 1 metre scale differential pressurised water manometer (the air space above the tubes can be pressurised with the pump supplied)

H12-3: 1 metre scale differential water over Mercury manometer - Range 12.6m H2O

H12-4: 500mm scale differential water over Mercury manometer - Range 6.3m H2O

H12-5: 500mm scale differential kerosene over water manometer - Range 0.213m H2O

Accessories

H12-6: Free-standing column with height adjustment to take two manometers.

H12-7: Self-sealing and self-bleeding pressure tapping system which allows a pair of pressurised water or mercury manometers to be connected into and disconnected from a number of points around a pumped system.

The equipment consists of ten self-sealing pressure tapping points with 1/4" BSP male threads for fitting into the system and four self-bleeding pressure tapping lines for connection to two differential manometers. Tapping line bleeding is obtained with four in-line vented shut-off valves conveniently mounted on a fixing bracket. The system is supplied complete with a quantity of translucent plastic tubing.

Demonstration Capabilities

- Low cost and easy to use instruments
- Wide range of pressures accommodated using different manometer fluids

Ordering Specification

See description:

NOTE: Due to its hazardous nature and severe shipping restrictions, Mercury is not included in Armfield's scope of supply.

Overall dimensions

See description:

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-1 / H12-7	0.1 m^3	21.5kg



Ordering codes

- H12-1
- H12-2
- H12-3
- H12-4
- H12-5

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-8

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 2000 mBar (0 - 1500mmHg).

This unit is particularly suitable for use in applications where Mercury manometers have traditionally been used. The use of Mercury is not desirable in a laboratory environment due to its hazardous nature.

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 2 Bar differentially and the unit is capable of withstanding 6 Bar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Technical Details

Measuring range:	0 - 2000mBar (0 - 1500mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	1mBar (1mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Maximum overpressure:	6200 mBar (4650 mmHg)
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H12-8	0.005m³	1kg

Ordering Specification

▶	**H12-8**	Basic Portable Pressure Meter



H12-8

Ordering codes

▶ **H12-8**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Portable Pressure Meter - H12-9

H12-8 - Liquid Manometers & Meters

A versatile, hand held, battery operated portable pressure meter capable of measuring pressures of water or air from 0 - 140 mBar(0 - 99.99mmHg).

Description - Portable Pressure Meter H12-8

A battery operated portable pressure meter suitable for measuring gauge (single input) or differential (dual inputs) pressures of air or water.

Measurement capacity is up to 140 mBar differentially and the unit is capable of withstanding 400 mBar on either port without damage.

Housed in a robust, waterproof case and designed to be hand held. Supplied with connections to suit 6mm flexible hose.

An adjustable zero value eliminates offset and an averaging filter function provides steady readings in situations where the pressure is fluctuating. Readings can be displayed in alternative pressure units.

A calibration certificate referred to National Physical Laboratory (NPL: 5 point calibration) or United Kingdom Accreditation Service (UKAS: 10 point calibration) standards can be supplied if ordered with the meter.

Ordering Specification

▶	**H12-9**	Basic Portable Pressure Meter



H12-9

Technical Details

Measuring range:	0 - 140mBar (0 - 99.99mmHg)
Units: (selectable)	mBar, mmHg, psi, inH2O, inHg, kPa, cmH2O, kgcm-2
Resolution:	0.1mBar (0.01mmHg)
Accuracy:	+/-0.2% of full scale
Repeatability:	+/-0.1% of full scale
Maximum overpressure:	400 mBar
Temperature range:	0 - 50ºC
Humidity range:	10 - 90% RH non- condensing
Protection:	Dust and waterproof to IP67
Fluid compatibility:	Silicon protection for use with water without sensor corrosion
Connections:	1/8" BSP parallel female with adaptor to 6mm/9mm flexible tubing
Battery type:	MN1604
Battery life:	90 hours

Overall dimensions

Length	250mm
Width	100mm
Height	40mm

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H12-9	0.005m³	1kg

Ordering codes

▶ **H12-9**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Computer compatible manometer bank - H14/2

H14/2 - Computer Compatible Manometer Bank

The Armfield H14/2 is designed to replace banks of manometers when used in conjunction with a number of Armfield products. Sixteen simultaneous pressure measurements can be displayed on a user supplied computer and the information data logged.

Two modes of operation are available:

Mode 1: 16 general purpose channels (350mm H20), with a common reference, suitable for monitoring both wet and dry systems.

Mode 2: 14 general purpose channels as above, plus 2 differential high sensitivity channels (125mm H20 differential), for accurate measurement of low differential pressures (suitable for dry air only).

Description - H14/2

The pressure monitor points are located on the front panel of the unit, with adapters to allow flexible plastic tubing to be attached. Two different sizes of tubing can be used (2mm and 3mm inside diameter). This tubing connects to the test points on the equipment being monitored.

The manometer system connects to the customer supplied computer using a USB interface. The measured pressures are displayed on the computer screen in both numeric and bar chart format.

Sophisticated software is provided with facilities to:

- Display the data from the 16 channels in real time
- Record data either on operator request, or at constant sampling periods
- Define the data sampling periods to be used
- Record data onto the computer for later retrieval, including the option to record the data in Excel format
- Display tables and graphs of the captured data, with real time updates
- Calibrate and scale the individual measurement channels
- Zero the data channels before taking measurements

Ordering Specification

- Electronic multiple channel pressure measurement system designed to replace liquid manometer banks
- 16 simultaneous measurements displayed on a PC (not supplied)
- Sophisticated software included, for logging, recording and displaying data
- 16 channels of 350mm H20 capacity, or 14 channels of 350mm plus 2 channels of 125mm H20 differential

Technical Details

General purpose channels:	
Range:	0 to 350mm H_20
Repeatability:	0.5mm H_20
Absolute accuracy:	0.5% FSD
Media:	Wet or Dry, non corrosive
High sensitivity channels:	
Range:	0 to 125mm H_20 differential
Repeatability:	0.1mm H_20
Media:	Dry air only

Essential Equipment

Personal computer, with USB interface, running Windows 8 and later.

Requirements

AC mains: Universal input, 100-250V ac, 50-60Hz

Associated Armfield Products

C2: Subsonic Wind Tunnel
F6: Air Flow Studies

H14/2



Overall dimensions

Length	250mm
Width	260mm
Height	113mm

Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H14/2:	0.015m^3	15kg

Ordering codes

- **H14/2**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Pitot Tube - H30

H30-1H / H30-3H - Pitot Tubes

A range of Pitot tubes for the measurement of water velocity in open channels and closed ducts.

Description

Tubes are in stainless steel and mounted on a supporting body with scale. They are supplied with a watertight gland for installation below water level.

In order to measure velocity, the Pitot tubes must be connected to a manometer, such as the Armfield H12-8 or H12-9.

When used with the H12-9, the range is 0 - 5.2m/s. When used with the H12-8 the range is 0 - 19.8m/s

Ordering Specification

- **H30-1H:**
  - 150mm Pitot tube
  - 150mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-2H:**
  - 300mm Pitot tube
  - 300mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing
- **H30-3H:**
  - 450mm Pitot tube
  - 450mm traverse Pitot tube supplied with connectors and
  - 10m tubing

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand
H12-8: Portable pressure meters
H12-9: Portable pressure meters





Overall dimensions

See Order Specifications

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H30-1H / H30-2H / H30-3H	0.1m³	5kg

Ordering codes

▶ **H30-1H** ▶ **H30-2H** ▶ **H30-3H**

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1

Applications: ChE ME CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Propeller Velocity Flowmeter - H33 / H33-10

H33 - Propeller Velocity Flowmeter

Used to measure very low point-velocities in water and other conductive fluids, this flowmeter uses the impedance of a rotating multi-bladed propeller to indicate rotational speed caused by the flowing fluid.

Description - H33

The fine diameter of the sensing head enables the meter to be used in small ducts and channels with an ability to measure fluid velocity as low as 25 mm/sec.

A probe and digital indicator are required in combination to perform measurements but the digital indicator is supplied separately from the probes to allow an appropriate probe to be selected to suit specific applications.

Miniature Propeller Probes (H33-1/H33-2/H33-3)

Each probe consists of a sensing head that is mounted at the end of a slim stainless steel stem. A co-axial connector at the top of the stem allows the probe to be connected to the H33-10 Digital Indicator.

The sensing head consists of a 5-bladed propeller that runs in jewelled bearings. The propeller is able to rotate freely within a protective shrouded cage. An insulated gold electrode terminates 0.1mm from the tip of the rotating blades and detects the change in electrical impedance as each blade passes. As there is no physical contact between the electrode and blade, the propeller can rotate freely and respond to low velocity of the surrounding fluid.

Technical Details H33

Rotor:	11.6 mm diameter, machined plastic (balanced)
Spindle:	Hardened stainless steel with conical ends
Bearings:	Synthetic sapphire vee jewels
Cage:	Nickel plated bronze
Stem:	Stainless steel
Electrical connector:	Co-axial
Weight:	0.20kg
Immersion length:	420mm maximum

Capabilities

- Measurement of velocity in clean conductive fluid within the range 25 to 1500mm/sec (up to 3000mm/sec with the high speed probe)
- Operation in confined spaces with limited intrusive effects
- Suitable for both laboratory and field applications - battery powered (rechargeable) and fully portable
- Measurements are indicated on the digital display and may be connected to a data logger for later analysis

Accessories

H1-11: Adjustable Tripod stand with mountings

Packed and crated shipping specifications

Product	Volume	Gross Weight
H33/1/2/3:	0.1m^3	2kg
H33-10:	0.1m^3	5kg

H33-10 - Digital Indicator

The digital indicator has been developed for use with the miniature propeller probes H33-1/2/3 where laboratory or field measurement of water velocity is required.

Description - H33-10

The digital indicator may be battery powered or mains powered using the standard power adaptor supplied. The power adaptor is intended for world-wide use and has four interchangeable plugs to suit all regions. The unit can operate on 110 Volts or 230 Volts at 50Hz or 60Hz.

When connected to an appropriate probe, the unit will indicate frequency of the pulses from the propeller that can be converted to water velocity using the calibration chart supplied with the probe. The unit can be programmed to read water velocity directly in units of cm/sec by entering a calibration constant for the probe in use (obtained from the chart supplied with each probe). Alternatively the unit can be programmed to count the pulses continuously, allowing averaging of the velocity measurement over a longer (user defined) period.

A 0-5 V DC output allows the unit to be connected to a suitable data logger to provide a permanent record of the variations in water velocity with time. A co-axial lead, 3 metres long, is supplied with the digital indicator for connecting it to any of the miniature propeller probes described above.

Technical Details H33-10

Power:	Four AA rechargeable batteries (supplied)
Battery life:	Typically 300 hrs on full charge
Display:	3-digit liquid crystal
Controls:	On/off switch, sample time switches for 1 & 10 seconds
Input:	Miniature socket for co-axial cable from probe
Output	0-5V DC
Case size:	190 x 136 x 55mm overall Moulded ABS plastic
Weight:	0.55kg with batteries fitted



H33-10 Flow meter shown with probe

Ordering codes

▶ **H33** ▶ **H33-1** ▶ **H33-2** ▶ **H33-3** ▶ **H33-10**

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Wave Probe System - H40-MKII

H40-MKII - Wave Probe System

The H40-MKII is suitable for use in:

2D flume: For this configuration, the wave probes are supplied with a mounting block allowing the calibration stem, that is fixed to the wave probe head, to be attached to any vertical surface.

3D wave basin: For basins, The H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod is used for mounting the 600 to 1200 mm wave probes. For shallow water up to 1m depth, a smaller stand to fit 300 mm wave probes is available.

Description - H40-MKII

The H40-MKII Wave Probe Case contains the signal conditioning circuitry for up to eight wave probes and a network connection to allow a computer to configure the probes. If more than eight probes are required to be used at the same time in the physical model then multiple cases can be linked together, so that only one computer is required for configuration.

The input connections for the wave probes are provided using 4mm sockets on one face of the case. The opposite face has connections to allow the device to be directly connected to a computer via an Ethernet cable and to an existing data acquisition system using analogue signal outputs. The unit is powered from an external 24Vdc laptop-style power supply.

The wave probe case is set up using a built-in web page which is accessed from the PC using the network connection. Whilst testing is underway the data acquired by the instrument is also transmitted over the network connection for collection by appropriate software(not supplied by Armfield).

The wave probe operates by measuring the current that flows between two stainless steel wires that are immersed in water. This current is converted to an output voltage that is directly proportional to the immersed depth. Each wave probe case contains the energising and sensing circuits for the operation of eight wave probes and provides an output voltage (0-5V) for all eight channels on a 16-way output connector. In order to avoid polarisation effects at the probe, a high frequency square wave is used to energise the probe.

Adjacent probes are set to different frequencies to allow probes to be used close together without causing any interference. Each wave probe channel contains circuitry designed to compensate for the resistance of the cable that connects the probe to the wave probe unit. Without this compensation, the output of the wave probe monitor would be non-linear.

The probe output voltage is converted to a digital reading using an analogue to digital converter and the readings are batched and transmitted over the network in packets of data at a rate of 100 samples per second. The configuration process allows the user to set the output level for a given initial probe immersion. This enables the user to scale the output, from zero (no water over probe) to maximum output for a desired full scale immersion.

The wave probes comprise two parallel stainless steel rods with a plastic head and foot. The head is fixed to the calibration stem and a mounting block is supplied that allows the calibration stem to be fixed to any vertical surface.

Overall dimensions

Length 250mm / **Width** 100mm / **Height** 40mm

Packed and crated shipping specifications		
H40-MKII	0.1m^3	3kg

Features / benefits

- Extremely linear output
- No hysterisis
- Reliable, proven design, easily calibrated
- Longer distances from the data acquisition PC can be achieved by linking two wave probe cases together
- Suppled with 8 channels as standard
- Data can be logged directly into a computer via the network link

Technical specification (Wave probe case)

Case configuration:	8 channels (wave probes)
Output signals:	EtherNET digital output comms cable network to data acquisition PC 0-5 V via 16-wayIDC connector
Excitation frequency:	3 kHz to 11 kHz
Filter band width:	-3 dB at 2 0Hz
Supply voltage:	220 or 110 V ±10% 40-60 Hz
Trigger function:	+5 V input signal trigger

Technical specification (Wave probe)

Active working range:	300, 600, 900, 1200mm
Probe diameter (300mm):	1.6mm
Probe diameter (600, 900,1200mm):	6.0mm
Probe cable length:	30m (Supplied)

Requirements

1Ph

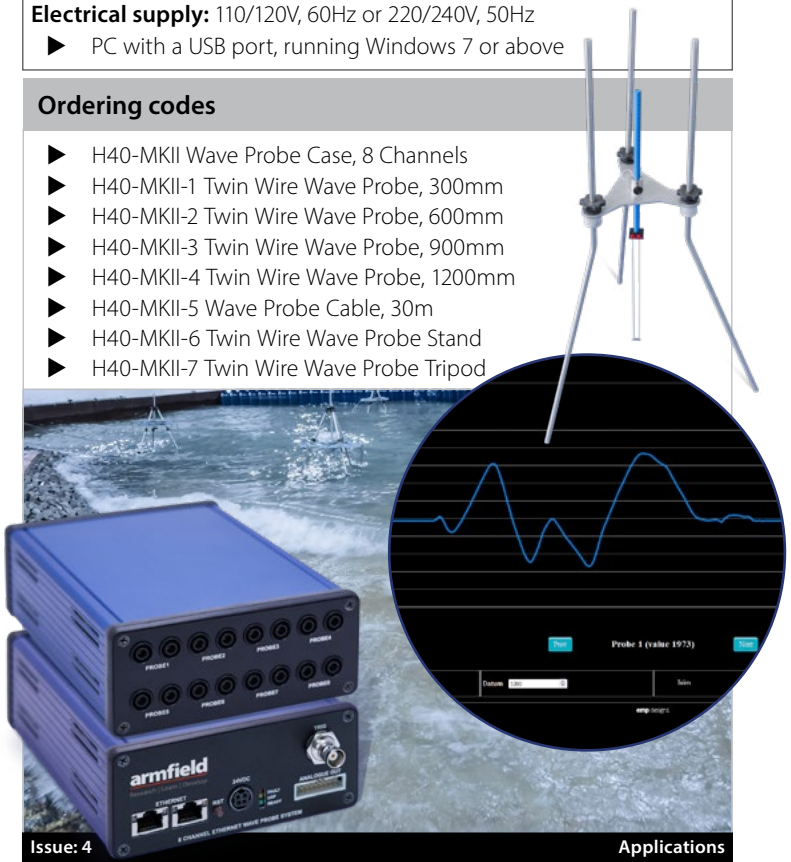
Electrical supply: 110/120V, 60Hz or 220/240V, 50Hz

- PC with a USB port, running Windows 7 or above

Scale

Ordering codes

- H40-MKII Wave Probe Case, 8 Channels
- H40-MKII-1 Twin Wire Wave Probe, 300mm
- H40-MKII-2 Twin Wire Wave Probe, 600mm
- H40-MKII-3 Twin Wire Wave Probe, 900mm
- H40-MKII-4 Twin Wire Wave Probe, 1200mm
- H40-MKII-5 Wave Probe Cable, 30m
- H40-MKII-6 Twin Wire Wave Probe Stand
- H40-MKII-7 Twin Wire Wave Probe Tripod



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

H SERIES

Laser PIV System - H41

Description

The H41 consists of two main assemblies: the nanoLase light sheet projector and the rtCam camera, with built-in timing synchroniser. The rtCam interfaces to the rtControl software package, which runs on a standard PC under Windows XP (not supplied by Armfield).

The nanoLase consists of a low-power solid-state laser, together with optics to form the beam into a ~3mm thick, 45° wide light sheet. The laser is modulated to produce pairs of pulses, with an adjustable delay (known as Δt) of between 100µs and 5s. Both the pulse separation and pulse width can be set directly from the rtControl software.

The nanoLase and rtCam are arranged orthogonally around the flow to be measured, with the laser being used to illuminate flow-following 'seeding' particles that have been mixed into the water. The system is supplied with 100g of 100µm polyamide particles, which are suitable for the majority of water-based flows. These particles scatter light toward the rtCam, which acquires a pair of images every time the laser emits a pulse pair.

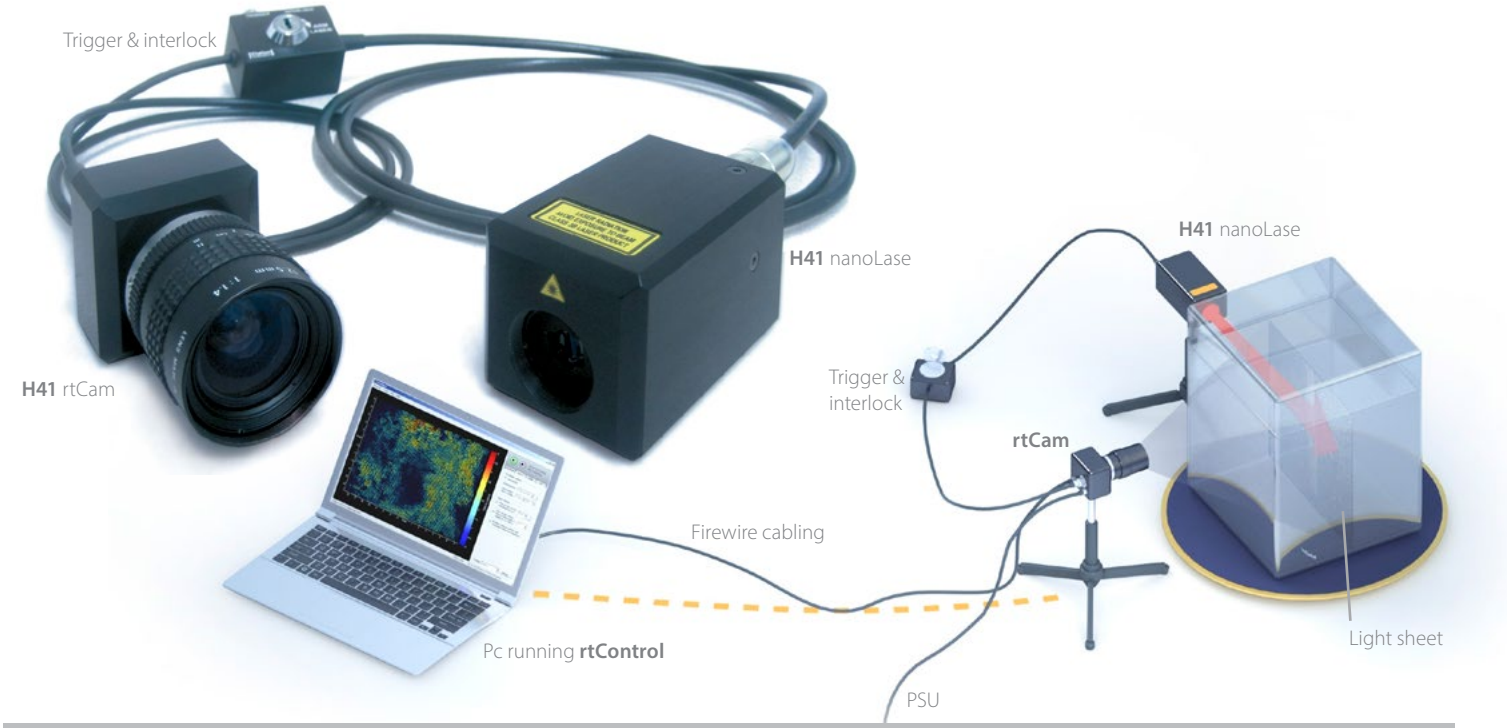
Each pair of particle images are immediately sent to the control PC using a standard FireWire (IEEE 1394) connection. The rtControl software then subdivides the images into 'tiles', which are cross-correlated in order to measure the displacement of the seeding particles in that area.

Because the delay between the images is known, a velocity map can be calculated for the whole of the camera's field of view. While most PIV systems take several minutes to get to this point, rtCam and rtControl can repeat the entire process up to 16 times a second.

In addition to the real-time velocity vector maps, rtControl can calculate and display derived statistical data (such as vorticity or time-averaged velocity) with options to superimpose vectors, scalars, and video on top of each other. Similarly, there are options to record data as either raw images (in BMP format), or as processed vectors or scalars (in AVI movie, CSV spreadsheet, or Matlab® archive format). Previously recorded data sets can be loaded into rtControl for subsequent display and analysis.

Both the rtCam and the nanoLase are fitted with standard mountings suitable for a selection of different mounting mechanisms. The system is supplied with one small desktop tripod; larger tripods and various snake-arm mounts are available as accessories. Also available are purpose-designed mounts designed for use with Armfield flow channels.

The system is provided complete with all cables and packed into an aluminium flight case for safe storage and easy transport.



Features

- The H41 uses particle image velocimetry (PIV) to measure, non-intrusively, fluid velocities at multiple points in a flow, at a rate of up to 16Hz.
- The compact and portable hardware (which uses a safe, non-pulsed Class 3b laser) and extremely easy-to-use software with real-time display, make this an ideal tool for undergraduate teaching and demonstration.
- With its sophisticated multipass processing, the H41 matches the performance of higher power PIV systems costing several times more. It is therefore also an ideal, cost-effective tool for experimental fluid dynamics research.
- The intuitive software provides a wide range of processing, display and recording functions for both velocity and derived statistical data, using a standard PC.

UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 4
URL: http://www.armfield.co.uk/h1
Applications
ChE ME CE IP

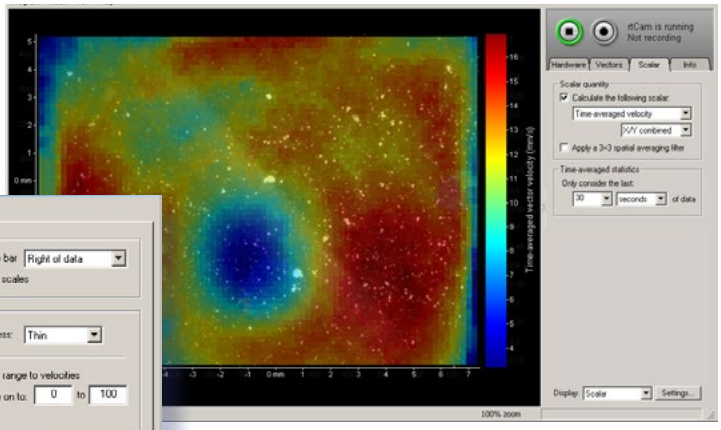
We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2020 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Technical specifications

Lasers:	▶ Solid-state air-cooled 200mW, 660nm laser diode (Class 3b) ▶ Standard optics produce a ca 3mm thick, 45° light sheet (ca 200mm wide at 250mm) ▶ Interchangeable 20° light sheet optic available (H41-3) ▶ Pulse separation (Δt) of between 100µs and 5s (in steps of 10µs) ▶ Pulse width of between 10µs and 32ms (in steps of 10µs)
Camera:	▶ Super-sensitive VGA CMOS sensor: - 640x480, 6.0µm pixels (1/3" format); - ~50% quantum efficiency at 660nm; - 75-110dB dynamic range; - 4.8 V/lux-sec sensitivity ▶ Trigger input enables image pair acquisition to be synchronised with external events ▶ Accepts standard CS or C-mount lenses (12.5mm f/1.4 lens supplied) ▶ Camera exposure can be linked to the laser's pulsing, thereby enabling operation in a lit room

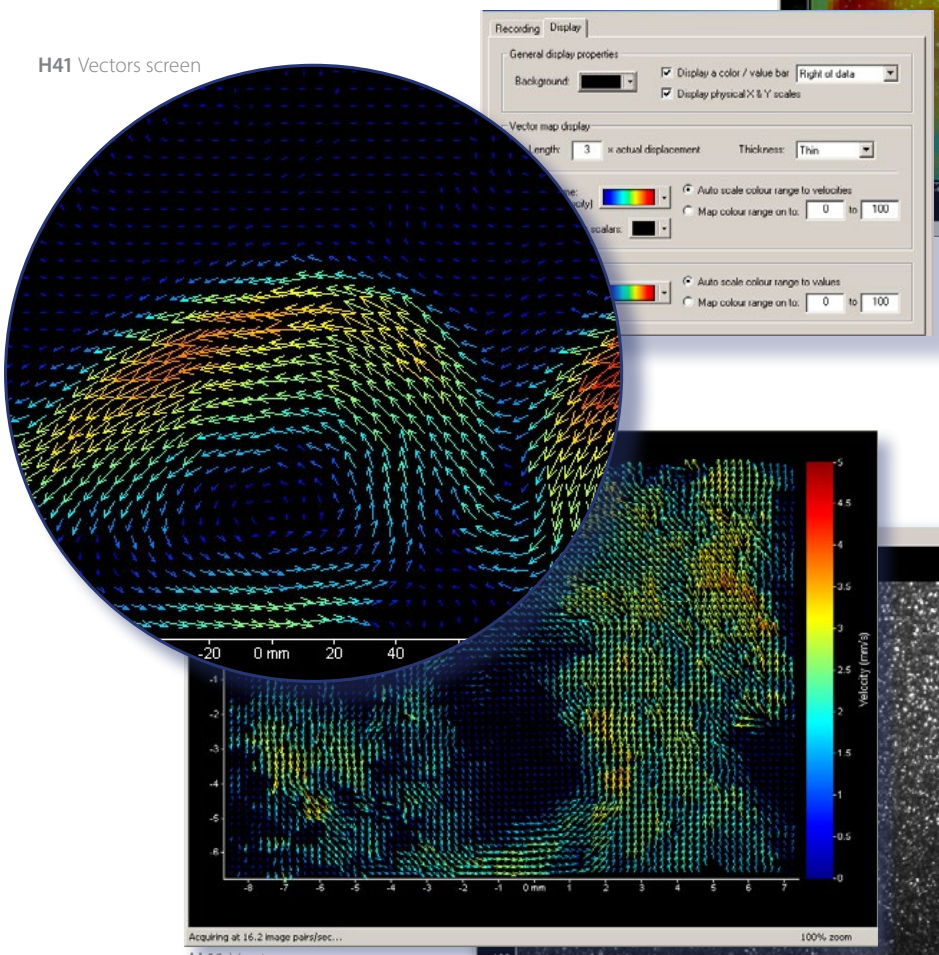
Software processing

- ▶ Data refresh and recording rate up to 16Hz (dependent on the computer speed, the selected acquisition and PIV analysis parameters and the recording taking place)
- ▶ Real-time, or offline, two-component vector calculation
- ▶ Single-pass or adaptive multipass cross-correlation with 8, 12, 16, 24, 32 or 64 pixel window sizes
- ▶ 0% or 50% window overlap (ie maps of up to 19,000 vectors)
- ▶ Optional vector interpolation and filtering based on:
  - User-supplied velocity limits
  - RMS of neighbouring vectors' values
- ▶ Calculation of the following derived scalars:
  - Vector angle and magnitude
  - Vorticity and swirl
  - Time-averaged mean velocity
  - RMS and turbulence intensity
- ▶ Where applicable, vector component and statistical sample number are user-defined

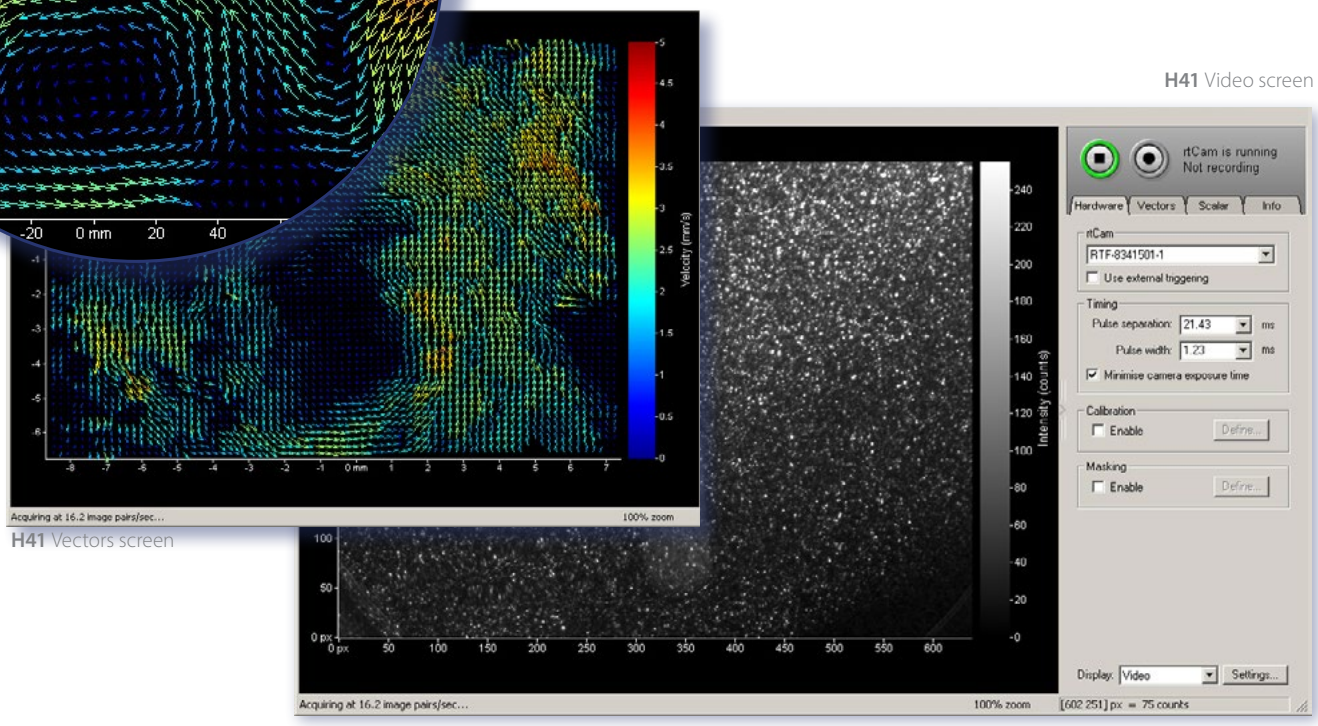


H41 Scalar screen

H41 Vectors screen



H41 Video screen



H41 Vectors screen

Options

- A range of further options are available to suit specific user applications, including:
- Waterproof enclosure for the rtCam, to enable complete submersion in water, eg for use with a large towing tank
- Flashlamps can be supplied in place of the nanoLase, for surface velocimetry measurements
- Higher power versions of the nanoLase are available for measuring larger areas or faster flows
- The rtCam can be supplied with macro or telephoto lenses
- A light-sheet thickness adjuster is available for micro-PIV measurements

Please contact Armfield for further details of these options.

Requirements



Scale



- Electrical supply:
  H41-1-A, H41-2-A: 220-240V/1ph/50Hz
- Voltage Variants:
  H41-1, H41-2: 90-264V, 47-63Hz
- A PC running Windows 98 or above, with a FireWire port. Laptop FireWire ports require a suitable four to six-pin cable.
- It is recommended the PC has at least 2GB RAM with a processing speed of at least 2GHz. The display resolution should be at least 1024x768, true colour.
- The data refresh rate achievable is dependent on the specification of this computer. For example, to achieve 16Hz data refresh and recording rate, a 2.66GHz Intel dual core processor or better is required, and the hard drive must support sustained writes at 9.5 Mb/s.

Overall dimensions

nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.085mm	
Submersible nanoLase:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.095mm	
rtCam:		
Length	0.05mm	
Width	0.05mm	
Height	0.09mm	
Packed and crated shipping specifications		
Product	Volume	Gross Weight
H41-1 / H41-2	0.1 m^3	5kg



Optional accessories

- **H41-3 20° Light sheet Optics for nanoLase**
  The standard 45° light sheet optics can be replaced with item H41-3 in order to produce a narrower 22° fan angle. This can be useful in cases where the nanoLase needs to be placed farther away from the measurement area.
- **H41-5 1.5m tripod for rtCam**
- **H41-6 Snake-arm with magnetic base for nanoLase**
- **H41-7 Snake-arm with G-Clamp base for nanoLase**
- **C4-12 Mounting system for Armfield**
- **C4-MkII flume** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)
- **S16-12 Mounting system for Armfield S16 Hydraulic Flow Demonstrator** (requires H41-2 submersible nanoLase and H41-3 optics option)

Consumables

- **H41-4** Seeding particles suitable for water flows (200g)

Ordering specification

- Particle Image Velocimetry (PIV) system, comprising a laser light sheet projector, a camera system and processing software
- 200mW (Class 3b) 660nm laser, with variable pulse width and pulse spacing
- 45° light sheet optics as standard with optional optics to produce a 20° sheet
- Real-time 2D display of flow velocity vectors updated at up to 16Hz
- Data can be recorded in video (avi), bitmap (bmp), text (csv) and Matlab (mat) formats
- Option of submersible light sheet projector

Ordering details

H41-1 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation

H41-2 Laser PIV System for Flow Measurement and Visualisation with submersible nanoLase light sheet projector

Ordering codes

- **H41-1**
- **H41-2**

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE
Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

FS SERIES

Fluid Science Service Unit FS-SU

The Fluid Science range is an innovative suite of products designed to enable students to gain an understanding of the fundamentals of Fluid Mechanics and Thermo Fluids by the process of learning via hands-on experimentation.

The high precision elements are supplied as modular tray-based systems which operate in conjunction with the Fluid Science service unit, multifunctional work panel and instrumentation enabling the student to conduct their individual or group experiments.

The experiments are supplied with a highly visual user-friendly operational guide, allowing the students to understand the theory of the subject by the application of practical experimentation.

The range includes experiments ranging from simple flow measurements, losses in hydraulic circuits through to more complex heat exchanger processes.

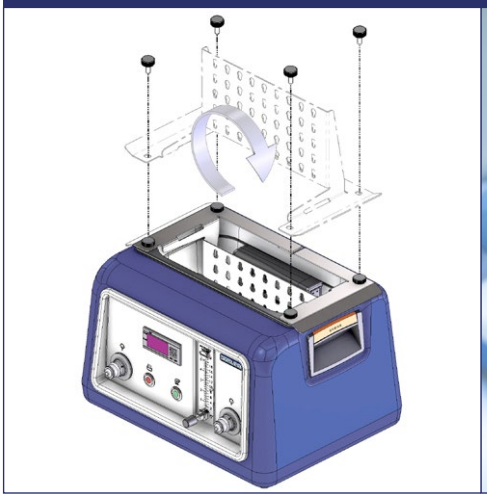
UNIQUE SMALL-SCALE MODULAR TEACHING SYSTEM FOR FLUID MECHANICS AND THERMO FLUIDS



Experiment trays are sold separately, see **Related Products**



Back plates is easily stored inside the unit



Configurable as hot or cold water supply



Supplied with digital manometer and thermometer



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 1
URL: http://www.armfield.co.uk/fs
Applications
ME ChE CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2023 Armfield Ltd. All Rights Reserved

Description

The Fluid Science Service Unit (FS-SU) is designed to be used in conjunction with the fluid science experiments offered by Armfield. The unit incorporates a pump and rotameter to vary the water flow rate and a heating system.

The built-in safety features of the unit include a thermal cut out that prevents the hot water circuit exceeding 55°c and a low voltage water resistant power supply unit.

The unit is supplied as standard with a digital manometer and thermometer.

Requirements



Scale



Electrical supply:

- 100-240V/1 Phase, 50-60Hz
- Level surface
- FS experiment trays

Initial fill of 5ltrs water. Drain to empty water away once experiment is complete. During use, water supply or drainage are not required.

Technical specifications

Water operational temperature range	Ambient to 55°C (131°F)
Water flow rate	0–3.5 litres/minute
Water volume	5 litres
Digital thermometer	
Measuring range:	-200°C to 1372°C (-328°F to 2501°F)
Accuracy:	0.015%
Digital manometer	
Measuring range:	+/- 103.42 kPa
Accuracy:	0.3%
Hardwired thermal cut out switch to prevent over temperature of water	
Operating voltage:	24vDC power supply
PSU voltage:	100VAC to 240 VAC, 50-60Hz
IP65 rated	
CE certified for worldwide use.	

Overall dimensions

Dimensions stowed (excluding power supply)	
Length	0.385m
Width	0.314m
Height	0.249m
Dimensions Set Up (excluding power supply)	
Length	0.385m
Width	0.314m
Height	0.387m
Packed and crated shipping specifications	
Net weight	8.5Kg (inc. accessories and power supply)
Gross weight	9.9Kg (inc. accessories and power supply)

Demonstration / instructional capabilities

The entire Fluid Science range is designed to work with the service unit. See individual FS datasheets for specific demonstration experimental capabilities

Features

- Integrated pump
- Integrated flowmeter with needle valve
- Each service unit can be used as either a hot or cold-water supply
- Quick connect couplings for easy connection to experiment modules, self-sealing on supply unit to minimise water loss
- Digital Manometer and Thermometer provided
- Bespoke system for experimental modules that reduces the risk of spillage
- Low voltage within the supply unit to protect users

Benefits

- Applied student learning via experimentation
- Common service unit can be used for either hot or cold water supply
- Tool-less assembly
- Built in thermal cut-out to prevent overheating
- Low voltage 24vDC power supply
- Manual control for in depth student learning

Related products

Fluid Science Range

- FS-1.1 Flow Measurement
- FS-1.2 Energy Losses - Straight pipes
- FS-1.3 Energy Losses - Bends
- FS-2.1 Manometer - Inclined
- FS-2.2 Manometer - U tube
- FS-3.1 Heat Exchanger - Shell and tube
- FS-3.2 Heat Exchanger - Tubular
- FS-3.3 Heat Exchanger - Cross flow
- FS-3.4 Heat Exchanger - Plate
- FS-4.1 Fluidised bed

Essential Accessories / Equipment

One of the range of Fluid Science service trays



Ordering codes

FS-SU

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE

Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

FS SERIES

Flow Visualiser FS-5.1

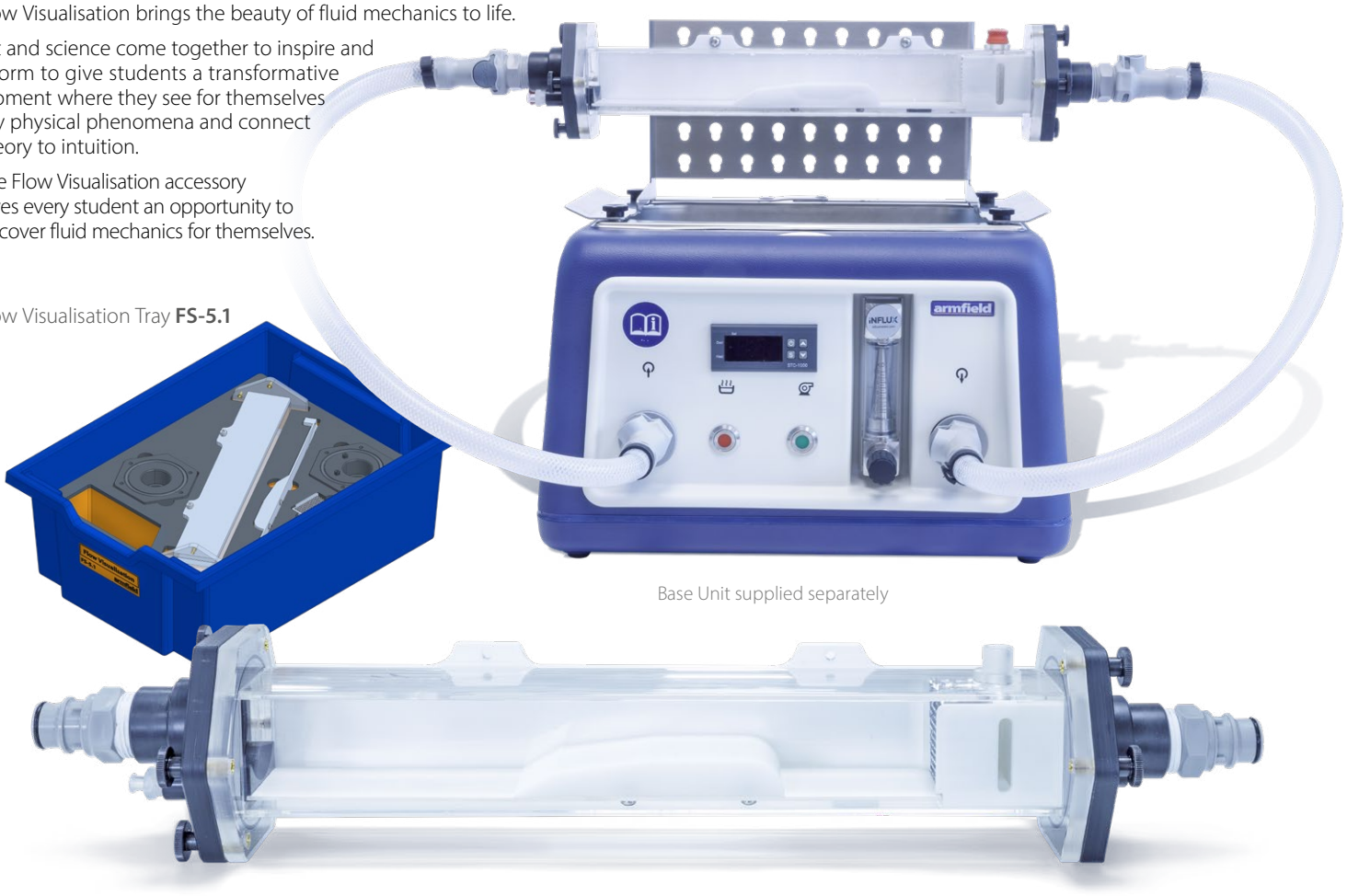
The Fluid Science range is an innovative suite of products designed to be used to demonstrate energy losses due to the geometry of the flow path enabling students to gain an understanding of the fundamentals of Fluid Mechanics and Thermo Fluids by the process of learning via hands-on experimentation.

Flow Visualisation brings the beauty of fluid mechanics to life.

Art and science come together to inspire and inform to give students a transformative moment where they see for themselves key physical phenomena and connect theory to intuition.

The Flow Visualisation accessory gives every student an opportunity to discover fluid mechanics for themselves.

FLOW VISUALISATION – IN THE HANDS OF EVERY STUDENT.



Flow Visualisation Tray **FS-5.1**

Base Unit supplied separately

Dye injection can be performed at any depth giving endless options to explore



UK office - email: sales@armfield.co.uk tel: +44 (0) 1425 478781 (for ROW)
USA office - email: info@armfield.inc tel: +1 (609) 208-2800 (USA only)

Issue: 1
URL: http://www.armfield.co.uk/fs
Applications
ME ChE CE IP

We reserve the right to amend these specifications without prior notice. E&OE © 2023 Armfield Ltd. All Rights Reserved

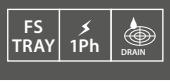
Description

The Flow Visualisation accessory is a transparent working section for a water flow loop, providing students with a hands-on experience to learn fluid mechanics. Designed for educational experiments, this accessory offers exceptional optical access and can be driven by the Armfield [base station] or other water sources.

With its transparent design, the Flow Visualisation accessory allows students to observe fluid flow patterns with clarity, enabling them to explore the dynamics of fluid mechanics in real time. The adjustable release points for coloured water gives student ownership over the experiment – creating their own streak lines. The option to use interchangeable bodies in the working section provides flexibility for customized experiments, giving students choice and variety to discover fluid mechanics by following their own interest.

From visualizing streamlines, streak lines, and path lines to studying potential flow, boundary layers, wakes, and creeping flow, this accessory offers a wide range of capabilities for qualitative and quantitative analysis of fluid flow. It bridges the gap between theory and practice, empowering students to connect theoretical concepts with practical observations.

Requirements



Electrical supply:

- 100-240V/1 Phase, 50-60Hz

Fluid Science Base Unit

Demineralised water, 5.5l

Scale



Essential Accessories / Equipment

Fluid Science Base Unit, FS-BU

Demonstration/instructional capabilities

- Hands-on experimentation with water flow visualization
- Observation and analysis of fluid flow patterns
- Adjustable release points for coloured water streak lines
- Interchangeable bodies for versatile experiments
- Exploration of various flow phenomena, such as streamlines, streak lines, path lines, potential flow, boundary layers, wakes, and creeping flow

Features

- Water flow loop with square, transparent working section perfect for observing and filming
- Streak line generation – three release points for coloured water, including one upstream adjustable position, and two release points on the body in the working section
- Interchangeable bodies in the working section gives teachers/ students control over the experiment including a range of bodies provided, and custom shapes if desired
- Visualise streamlines, streak lines, path lines, potential flow, boundary layers, wakes, creeping flow

Benefits

- A unique opportunity to visualise flow in both qualitative and quantitative ways
- Every student can do their own experiment
- Freedom to adjust the experiment and explore/discover
- Students say: "it really made sense" after this experiment
- Demystify fluid mechanics
- Engage and inspire students



Overall dimensions

Tray	
Length	0.430 m
Width	0.312 m
Height	0.160 m
Packed and crated shipping specifications	
Volume	0.02m^3
Dimensions of the unit	H150 x W312 x L427mm
Gross weight	10Kg

Related products

Fluid Science Range

- **FS-BU**. Fluid Science Base Unit
- **F1-38** Hele-Shaw Apparatus

Ordering codes

FS-BU

FS-5.1 Flow Visualizer.

Armfield standard warranty applies with this product

Knowledge base

> 28 years expertise in research & development technology
> 50 years providing engaging engineering teaching equipment

Benefit from our experience, just call or email to discuss your laboratory needs, latest project or application.

An ISO 9001:2015 Company

CE

Products CE certified

armfield.co.uk

Aftercare

Installation
Commissioning
Training
Service and maintenance
Support: armfieldassist.com

ANEXO 02:
ESTUDIOS BÁSICOS

ANEXO 2.1:
ESTUDIO GEODÉSICO

FORMATO ÚNICO PARA LA CERTIFICACIÓN DE PUNTOS GEODÉSICOS

INFORME TÉCNICO

“PROYECTO DE TESIS, INFRAESTRUCTURA PARA EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNSAAC”

" FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE HIDRAÚLICA"



AGOSTO - 2024

1. DATOS GENERALES:

a. DATOS DE LA PERSONA RESPONSABLE DEL INFORME TÉCNICO.

NOMBRE:	RAUL PACCO HANCCO
EMPRESA o INSTITUCIÓN:	PERSONA NATURAL
DIRECCIÓN:	AV.DE LA CULTURA N°1002, DIST. WANCHAQ/PROV/DEP. DE CUSCO
TELÉFONO FIJO:	
CELULAR:	935430896
PÁGINA WEB:	
CORREO ELECTRÓNICO:	141596@unsaac.edu.pe
FIRMA Y POST-FIRMA:	

b. NOMBRE DE LA PERSONA NATURAL O JURÍDICA A QUIEN SE CERTIFICARÁ LOS PUNTOS GEODÉSICOS.

SE CERTIFICA A:	**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE HIDRAÚLICA**

c. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS GEODÉSICOS.

CÓDIGO:	1015669
UBIGEO:	080101 (CUSCO -CUSCO)
DEPARTAMENTO:	CUSCO
PROVINCIA:	CUSCO
DISTRITO:	CUSCO
REFERENCIAS:	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE HIDRAÚLICA
ACCESIBILIDAD:	CARROZABLE

d. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS.

N°	EQUIPOS / INSTRUMENTOS	MARCA	MODELO	CANTIDAD
1	GPS GEODESICO	TRIMBLE	R8 MODELO 2	1
2	TRIPODE DE MADERA	TRIMBLE	-	1
3	BASE NIVELANTE	TRIMBLE	-	1
4	BATERIAS EXTERNA	TRIMBLE	-	1

2. CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD Y/O CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS GNSS UTILIZADOS (ACTUALIZADOS Y/O EN VIGENCIA).

EQUIPO 1



JJ Coinser AQP Topografía

C entro comercial la negrita oficina interior 10, Cercado
Telf. 054407419-Cel 966377037 AREQUIPA



Certificado de Operatividad

N° de Certificado: COINSER *023-35/2024* **Nº de Servicio**: 23-00057/GPS

Cliente: Raúl Pacco Hanco
Domicilio: Prolongacion av. Arequipa S/N
Instrumento
Descripción: GNSS DIFERENCIAL ROBER
Marca: TRIMBLE **Modelo: R8-2**
N°de Serie 4906165289

JJ COINSER AQP: Declara que emplea procedimientos normalizados, patrones en la calidad suficiente y de nivel de precisión adecuada, y personal competente. Los resultados son trazables a los patrones nacionales y por este medio a los patrones internacionales. En las pruebas efectuadas en tiempo real, RTK&FASTSTATIC el equipo se encuentra dentro de las tolerancias de fábrica.

PRECISION LEVANTAMIENTO GPS POST PROCESO ESTATIC & CINEMATICO PP

	POST PROCESO REAL	REAL TIME KINEMATIC
HORIZONTAL	3 mm+0.1 ppm RMS	8 mm +1 ppm
VERTICAL	3.5mm+0.4 ppm RMS	15 mm + 1 ppm

Condiciones ambientales de medición: Temperatura 20°C

FECHA DE MANTENIMIENTO	26 ABRIL 2024
FECHA DE VENCIMIENTO	26 ABRIL 2025

Procedimiento Utilizado 840-ACPT por JJ COINSER AQP.
Fecha de emisión: 6 MAYO 2024

CERTIFICADO POR	SELLO DE GARANTIA
TECNICO Juan José Navarro Ancalla	

3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS GNSS UTILIZADOS.

HOJA DE DATOS



CARACTERÍSTICAS CLAVES

Tecnología Trimble R-Track para compatibilidad con sistemas GNSS

Combinación de una avanzada tecnología de receptor y un probado diseño del sistema

Tecnologías inalámbricas para lograr flexibilidad y la comodidad de uso sin cables

Opciones de comunicación base y móvil que se adaptan a cualquier aplicación

Un importante componente del concepto Connected Survey Site



El Sistema GNSS Trimble® R8 combina un receptor GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) con canales y frecuencias múltiples, su antena y un radio-enlace de datos en una sola unidad compacta. El Trimble R8 es la combinación de una avanzada tecnología de receptor y un diseño de sistema comprobado para brindar el máximo de precisión y productividad.

TECNOLOGÍA TRIMBLE R-TRACK PARA UNA COMPLETA COMPATIBILIDAD CON SISTEMAS GNSS

Impulsado por un motor RTK mejorado, la tecnología Trimble R-Track es compatible con las modernas señales GPS L2C y L5 y GLONASS L1/L2. Las señales GNSS están capacitadas para ofrecer a los topógrafos profesionales verdaderos beneficios en la obra.

Con el constante desarrollo de los sistemas GNSS en el mundo, las grandes y pequeñas empresas de topografía pueden estar confiadas en que su inversión en un sistema GNSS Trimble estará protegida[1]. Trimble es ya un referente en el ámbito de la tecnología GPS y seguirá liderando la industria en cuanto a la compatibilidad con los GNSS.

PROBADO DISEÑO DEL SISTEMA

Desde el potente software de campo de Trimble al receptor mismo, el diseño general del sistema GNSS Trimble R8 ha sido analizado, probado y demostrado. Trabajando como equipo móvil ofrece una solución robusta, ligera y funciona sin cables, para brindar una incomparable ergonomía en el campo. Como estación base proporciona la máxima flexibilidad y también funciona de manera inalámbrica: utilice el Trimble R8 como base o móvil según las necesidades de cada trabajo.

La variedad de opciones de comunicación del sistema GNSS Trimble R8 incluye:

- Una opción de radio interna de 450 MHz para su uso como estación base sin cables
- Una opción de GSM/GPRS interna para permitir la conectividad a Internet y su uso como estación móvil en una red Trimble VRS™

Simplemente escoja el modelo Trimble R8 que mejor se ajuste a sus necesidades.

LA SOLUCIÓN INTEGRATED SURVEYING ORIGINAL Y MUCHO MÁS

El sistema GNSS Trimble R8 está diseñado para ser compatible con la solución original Integrated Surveying™ de Trimble. Combine sus datos ópticos y de GPS en un archivo de trabajo en un potente software Trimble de campo, como es el Trimble Survey Controller™. Transfiera el trabajo de una manera sencilla al software Trimble de oficina para su procesamiento.

El Trimble R8 también se puede utilizar como parte de un móvil Trimble® IS. Simplemente agregue un prisma al jalón del móvil y combine el Trimble R8 con un sistema óptico robótico como la Estación Total Trimble® S6. Esta solución integrada le permite aprovechar al máximo lo mejor de ambas técnicas de levantamiento topográfico para lograr en el campo una eficiencia incluso mayor.

Siempre que se enfrente a un nuevo reto topográfico, la confianza depositada por su parte en Trimble pone a su disposición las herramientas y técnicas correctas, incluida la tecnología GNSS. Cada sistema Trimble se integra a la perfección mediante flujos de trabajo y tecnologías en común, haciendo de su sitio de trabajo cotidiano un lugar donde el resultado final representa mucho más que la suma de sus partes: Bienvenido al Connected Survey Site.

1. adicionalmente, las divisiones de investigación y desarrollo de Trimble ya están trabajando con el personal del sistema de navegación Galileo para asegurar los beneficios de este nuevo GNSS antes de que el sistema entre en funcionamiento.

Trimble

SISTEMA GNSS TRIMBLE R8

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

Mediciones

- Tecnología Trimble R-Track
- Chip GNSS topográfico personalizado Trimble Maxwell™ avanzado
- Correlador múltiple de alta precisión para medidas de pseudodistancia de GNSS
- Sin filtrado, datos de medidas de pseudodistancia sin suavizado, para lograr un bajo ruido, pocos errores por trayectoria múltiple, una correlación de dominio de bajo tiempo y una respuesta de alta dinámica
- Medidas de fase portadora de L1, L2 y L5 de muy bajo ruido con una precisión <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz
- Las razones de señal-ruido de L1, L2 y L5 se señalan en dB-Hz
- Probada tecnología de rastreo de baja elevación de Trimble
- 72 Canales:
  - Código GPS L1 C/A, Transportador de Ciclo Completo L2C, L1/L2/L5
  - Código GLONASS L1 C/A , Código L1 P, Código L2P, Transportador de Ciclo Completo L1/L2
  - Soporte SBAS WAAS/EGNOS[1]

Posicionamiento GPS de código diferencial[2]

Horizontal	±0,25 m + 1 ppm RMS
Vertical	±0,50 m + 1 ppm RMS
Precisión de posicionamiento WAAS diferencial[3]	Por lo general <5 m 3DRMS

Levantamientos GPS estáticos y FastStatic (estáticos rápidos)[2]

Horizontal	±5 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	±5 mm + 1 ppm RMS

Levantamientos cinemáticos[2]

Horizontal	±10 mm + 1 ppm RMS
Vertical	±20 mm + 1 ppm RMS
Tiempo de inicialización	Típico <10 seg
Fiabilidad en la inicialización[4]	Típico >99,9%

HARDWARE

Físicas

Dimensiones (Ancho×Alto)	19 cm (7,5 pulg) × 11,2 cm (4,4 pulg), incluyendo los conectores
Peso	1,35 kg (2,97 lb) con la batería interna, radio interna, antena UHF estándar. Móvil RTK completo de 3,71 kg (8,18 lb) incluyendo las baterías, el jalón, el controlador y el soporte
Temperatura[5]	
De funcionamiento	–40 °C a +65 °C (–40 °F a +149 °F)
De almacenamiento	–40 °C a +75 °C (–40 °F a +167 °F)
Humedad	100%, con condensación
Sumergible	Cumple con el estándar IPX7 hasta una profundidad de 1 m (3,28 pies)
Golpes y vibraciones	Ha sido probado y cumple con los siguientes estándares medioambientales:
Golpes	Apagado: ha sido diseñado para resistir caídas de hasta 2 m (6,6 pies) sobre hormigón. Encendido: de diente de sierra hasta 40 G, 10 mseg
Vibraciones	Cumple con el estándar MIL-STD-810F, FIG.514.5C-1

Eléctricas

- Entrada de alimentación externa de 11 a 28 V CC con protección contra sobretensión en el puerto 1 (Lemo de 7 pines)
- Batería de litio-ion recargable, extraíble de 7,4 V, 2,4 Ah en un compartimiento interno para batería. El consumo de alimentación es <3,1 W, en el modo RTK con radio interna. Tiempos de funcionamiento con la batería interna:
  - De 450 MHz con capacidad de recepción solamente unas 5,3 horas; puede variar según la temperatura
  - De 450 MHz con capacidad de recepción/transmisión unas 3,5 horas; puede variar según la temperatura y la velocidad de datos inalámbrica
  - Con GSM/GPRS unas 3,8 horas; puede variar según la temperatura
- Certificación Clase B Parte 15, 22, 24 de la certificación FCC, 850/1900 MHz. Clase 10 con módulo GSM/GPRS. Con aprobación de marca de tipo CE y marca (tic) C

Comunicaciones y almacenamiento de datos

- Serie de 3 cables (Lemo de 7 pines) en el puerto 1. Serie RS-232 completo en el puerto 2 (Dsub de 9 pines)
- Opción de radio receptora/transmisora de 450 MHz, totalmente integrada y sellada:
  - Potencia de transmisión: 0,5 W
  - Rango[6]: por lo general de 3–5 km / 10 km óptimo
- Opción GSM/GPRS totalmente integrada y sellada[7]
- Puerto de comunicaciones totalmente integrado y sellado de 2,4 GHz (Bluetooth®)[7]
- Soporte para teléfono celular externo para los módems GSM/GPRS/CDPD para operaciones RTK y VRS
- Almacenamiento de datos en 11 MB de memoria interna: 302 horas de observables brutos en función del registro de datos de 6 satélites en intervalos de 15 segundos
- Posicionamiento a 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz y 10 Hz
- Entrada y salida CMRII, CMR+, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0
- 16 salidas NMEA. Salidas GSOF y RT17. Compatible con fase portadora suavizada y BINEX

1 La disponibilidad del código L5 y la señal L5 depende del Gobierno de los Estados Unidos.
2 La precisión y fiabilidad pueden estar sujetas a anomalías tales como la trayectoria múltiple, obstrucciones, la geometría de los satélites y las condiciones atmosféricas. Siempre cumpla con las prácticas topográficas recomendadas.
3 depende del funcionamiento del sistema WaaS/EGNOS.
4 Puede verse afectada por las condiciones atmosféricas, las señales de trayectoria múltiple y la geometría de los satélites. La fiabilidad de inicialización se controla continuamente a fin de asegurar la más alta calidad.
5 Normalmente, el receptor funcionará hasta –40 °C, la capacidad normal del módulo Bluetooth y de las baterías está fijada en –20 °C.
6 Varía con el terreno y las condiciones operativas.
7 Las aprobaciones del tipo de tecnología Bluetooth y GSM son específicas según el país. Contacte al representante u oficina local de Trimble para obtener más información.

Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.

© 2005–2006, Trimble Navigation Limited. Reservados todos los derechos. Trimble y el logo del Globo terráqueo y el Triángulo son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited registradas en la Oficina de Patentes y Marcas Comerciales de los Estados Unidos y en otros países. Integrated Surveying, Maxwell, Trimble Survey Controller y VRS son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited. La marca con la palabra Bluetooth y los logos son propiedad de Bluetooth SIG, Inc. y todo uso de dichas marcas por parte de Trimble Navigation Limited es bajo licencia. Todas las otras marcas son propiedad de sus respectivos titulares. NP 022543-079C-E (01/06)

SOCIO dISTRIBUIdOR aUTORIzadO dE TRIMBLE

AMÉRICA DEL NORTE
Trimble Engineering and Construction Group
5475 Kellenburger Road
Dayton, Ohio 45424-1099
EE.UU.
800-538-7800
(Teléfono sin cargo)
Teléfono +1-937-245-5154
Fax +1-937-233-9441

EUROPA
Trimble GmbH
Am Prime Parc 11
65479 Raunheim • ALEMANIA
Teléfono +49-6142-2100-0
Fax +49-6142-2100-550

ASIA-PACÍFICO
Trimble Navigation Singapore Pty Limited
80 Marine Parade Road
#22-06, Parkway Parade
Singapore 449269 • SINGAPUR
Teléfono +65-6348-2212
Fax +65-6348-2232

Trimble

www.trimble.com

4. IMÁGENES DE LOS EQUIPOS GNSS UTILIZADOS.

(IMAGEN FRONTAL Y POSTERIOR DE LA ANTENA GNSS QUE VISUALICE SUS DETALLES).

EQUIPO 1

<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
</table>

5. MEMORIA DESCRIPTIVA.

a. GENERALIDADES.

LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE HIDRAÚLICA
Proyecto:
"PROYECTO DE TESIS, INFRAESTRUCTURA PARA EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNSAAC" solicitó, la determinación de coordenadas de un (01) puntos geodésicos de orden C, con códigos: 1015669, mediante el Sistema Global de Posicionamiento por Satélite, con receptores GNSS.

a.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

El presente proyecto está destinado a la materialización de dos puntos geodésicos para el apoyo de trabajos de campo en topografía y replanteos, el cual se encuentra ubicado en el distrito de cuso Se provincia de Cusco del Departamento de Cusco.

UBICACIÓN POLITICA DEL PROYECTO

- Distrito: CUSCO
- Provincia: CUSCO
- Departamento: CUSCO

UBICACIÓN GEOGRAFICA

- Coordenadas: S13°31'13.54421" Y A71°57'38.63924"
- Zona: 19L

a.2 PERIODO Y DURACIÓN DE LOS TRABAJOS.

FECHA	CÓDIGO	HORA DE INICIO	HORA FINAL	DURACIÓN
16/08/2024	1017436	12:42:44	14:51:51	02:09:07

b. METODOLOGÍA.

Para la georreferenciación se tomó como punto base, la estación de rastreo permanente (ERP), con código: CS01, Marco de Referencia Geodésico Oficial, a la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (REGPMOC).

b.1 MONUMENTACIÓN.

La monumentación se realizó como indica la Norma Técnica, con una excavación de 0.60 m. de profundidad y de 0.40 por lado, siendo en este anclado una placa de bronce incrustado con fierro corrugado de 3/8".

b.2 CONTROL HORIZONTAL.

El trabajo consistió en determinar la posición de un (01) puntos de control horizontal en el sistema WGS84 y referenciarlos a las Estaciones de Rastreo Permanente cercanas a la zona que administra el IGN.

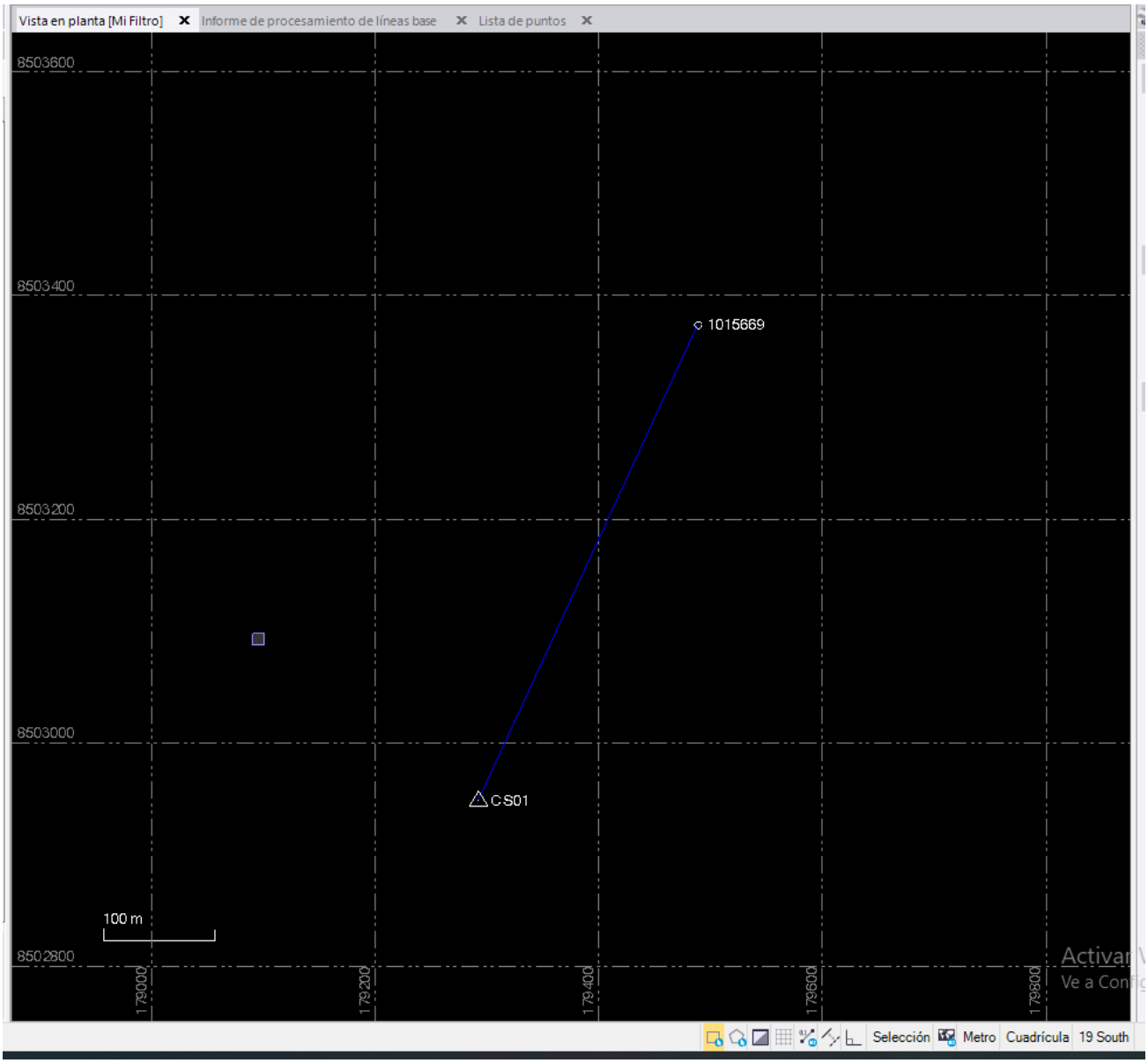
b.2.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA CADA PUNTO GEODÉSICO ESTABLECIDO.

CÓDIGO:	1015669
METODO DE POSICIONAMIENTO:	ESTATICO
ESTACIÓN BASE:	CS01
INTERVALO DE GRABACIÓN:	1 Seg
MÁSCARA DE ELEVACIÓN:	10°
DATUM HORIZONTAL:	GRS80/WGS84
TIEMPO DE REGISTRO DE DATOS:	02 hrs 09 min

b.3 CÁLCULO.

b.3.1 ESQUEMA O FIGURA DE LA LÍNEA BASE Y/O AJUSTE DE RED GENERADO POR EL SOFTWARE DE PROCESAMIENTO.

1015669 – ERP – CS01 – 16/08/2024



c. PERSONAL Y EQUIPOS.

c.1 PERSONAL.

CANT	NOMBRE	ESPECIALIDAD
01	ALEX SARAYA MENDOZA	SUPERVISOR
01	RAUL PACCO HANCCO	ESPECIALISTA GEODESIA
01	ALEXANDER QUISPE CACERES	TECNICO GEODESIA

c.2 EQUIPOS.

N°	EQUIPO/INSTRUMENTOS	MARCA	MODELO	SERIE	CANTIDAD
1	RECEPTOR GNSS, L1/L2	TRIMBLE	R8 MODELO2		01
3	TRIPODE DE MADERA	TRIMBLE	-	-	01
4	BASE NIVELANTE	TRIMBLE	-	-	01
5	BATERIAS	TRIMBLE	-	-	01

c.3 SOFTWARE.

Se usó el software comercial TRIMBLE BUSINESS CENTER (V 5.20), para la corrección y obtención de coordenadas finales de los puntos de orden C, de códigos 1015669

d. RESULTADOS.

Informe de procesamiento de líneas base

Procesando resumen

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	ΔAltura (Metro)
CS01 --- 1015669 (B1)	CS01	1015669	Fija	0.001	0.003	25°27'26"	468.885	-8.618

Resumen de aceptación

Procesado	Pasado	Indicador	Fallida
1	1	0	0

e. CONCLUSIONES.

- En el procesamiento de los datos RINEX se considera como valor de altura de antena con respecto al ARP, las mediciones realizadas en campo son a la altura inclinada.
- Para el presente trabajo se ha utilizado la antena de marca Trimble modelo R8 Modelo 2

6. DIARIO DE OBSERVACIÓN LLENADO EN CAMPO.

"Proyecto de tesis INFRAESTRUCTURA PARA EL LABORATORIO DE HIDRAULICA, FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNSAAC"

Proyecto:

Diario de Observación GNSS

Estación

Nombre Completo: 1015669 Identificación (4 letras):

Inscripción en el monumento: 1015669 Fecha: 16/08/2024

Coordenadas Aproximadas:

Latitud: S13° 31' 13" Longitud: 71° 57' 38" Altura: 3401 m

Receptor / Antena	Tipo GPS	Modelo	Nro. Serie
Receptor:	RB GNSS/ SPS 88X	INTERNAL	4906165289
Antena:	RB GNSS/ SPS 88X	INTERNAL	4906165289

Software del Receptor (Versión): FIRMWARE V. 4.44

Longitud del Cable Antena – Receptor: NO APLICA m

Altura de la Antena

Sobre el monumento DISCO DE BRONCE

Punto de referencia CENTRO DE TOPE DEL protector

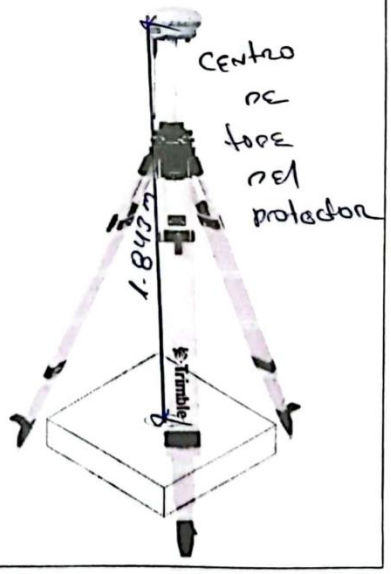
☐ Vertical ó ☒ Inclinada

Antes de las Observaciones: 1.843 m

Después de las Observaciones: 1.843 m

Datos del Receptor: 1.843 m

Croquis de las medidas de la Antena (Ejemplo)



Observación:

Nro. de la sesión del mismo día: 1

Intervalo de Medición: 1 Seg.

Elevación Mínima: 10°

Hora de Inicio: 12:42

Hora de Término: 14:51

Operador / Institución: RAUL PACCO UANCCO

Scanned with CamScanner

7. SOFTWARE EMPLEADO PARA EL PROCESAMIENTO DEL PUNTO (VERSIÓN).

SOFTWARE:	Trimble Business Center
VERSIÓN:	TBC V 5.20

8. REPORTE DE PROCESAMIENTO Y/O AJUSTE DE RED GENERADO POR EL SOFTWARE DE PROCESAMIENTO.

a. ANÁLISIS DE PROCESAMIENTO.

- Durante el post proceso y procesamiento de líneas base no se tuvo mayores inconvenientes y análisis alguno debido a que la configuración de los receptores, el intervalo de registro de datos, la distancia de la base y la metodología empleada fueron las más adecuadas.
- El procesamiento se llevó a cabo en un solo procesamiento ya que las lecturas fueron tomadas en un mismo día.
- Se Realizó el Postprocesamiento de la Data Levantada en campo con 01 Estación de Rastreo Permanente (ERP) CS01- WANCHAQ para poder cumplir con la distancia máxima requerida por la Norma Técnica, logrando así las precisiones requeridas por la Norma Técnica.

b. ANÁLISIS Y COMENTARIO DE RESIDUALES.

- Debido a que la información de los Receptores GNSS Rover y Estación Base fueron buenas, no se necesitó hacer depuración o edición de la señal registrada en ninguna sesión, se adjunta reporte de informe de líneas base.

Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	G:\CERTIFICACION_02_PUNTOS_GEODESICOS_DE ORDEN_C_UNSAAC\DATA\DATA_PROCESAMIENTO\PROCESAMIENTO_UNSAAC_LABORATORIO_HIDRAULICA_01_PUNTO_GEODESICO.vce	Nombre:	World wide/UTM
		Datum:	WGS 1984
		Zona:	19 South
		Geoide:	EGM2008PERU
		Datum vertical:	
Tamaño:	55 KB	Obra calibrada:	
Modificado/a:	23/09/2024 00:26:03 (UTC:-5)		
Zona horaria:	Hora est. Pacífico, Sudamérica		
Número de referencia:			
Descripción:			
Comentario 1:			
Comentario 2:			
Comentario 3:			

Informe de procesamiento de líneas base

Procesando resumen

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	ΔAltura (Metro)
CS01 --- 1015669 (B1)	CS01	1015669	Fija	0.001	0.003	25°27'26"	468.885	-8.618

Resumen de aceptación

Procesado	Pasado	Indicador	Fallida
1	1	0	0

CS01 - 1015669 (12:42:44-14:51:51) (S1)

Observación de línea base:	CS01 --- 1015669 (B1)
Procesados:	26/08/2024 08:20:42
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.001 m
Precisión vertical:	0.003 m
RMS:	0.017 m
PDOP máximo:	4.139
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	Trimble Relative
Hora de inicio de procesamiento:	16/08/2024 12:42:44 (Desajuste con respecto a GPS: -5hr)
Hora de detención de procesamiento:	16/08/2024 14:51:51 (Desajuste con respecto a GPS: -5hr)
Duración del procesamiento:	02:09:07
Intervalo de procesamiento:	1 segundo

Componentes de vector (Marca a marca)

De:	CS01				
Cuadrícula		**Local**		**Global**	
Este	179291.731 m	**Latitud**	S13°31'27.32009"	**Latitud**	S13°31'27.32009"
Norte	8502947.366 m	**Longitud**	A71°57'45.34163"	**Longitud**	A71°57'45.34163"
Elevación	3363.766 m	**Altura**	3410.043 m	**Altura**	3410.043 m

Hasta:	1015669				
Cuadrícula		**Local**		**Global**	
Este	179488.309 m	**Latitud**	S13°31'13.54421"	**Latitud**	S13°31'13.54421"
Norte	8503373.504 m	**Longitud**	A71°57'38.63924"	**Longitud**	A71°57'38.63924"
Elevación	3355.148 m	**Altura**	3401.425 m	**Altura**	3401.425 m

Vector					
ΔEste	196.579 m	**Acimut Adelante NS**	25°27'26"	**ΔX**	219.815 m
ΔNorte	426.138 m	**Dist. elip**	468.885 m	**ΔY**	-23.768 m
ΔElevación	-8.618 m	**ΔAltura**	-8.618 m	**ΔZ**	413.860 m

Errores estándar

Errores de vector:					
σ ΔEste	0.001 m	**σ Acimut NS delantero**	0°00'01"	**σ ΔX**	0.002 m
σ ΔNorte	0.001 m	**σ Dist. elipsoide**	0.001 m	**σ ΔY**	0.003 m
σ ΔElevación	0.003 m	**σ ΔAltura**	0.003 m	**σ ΔZ**	0.001 m

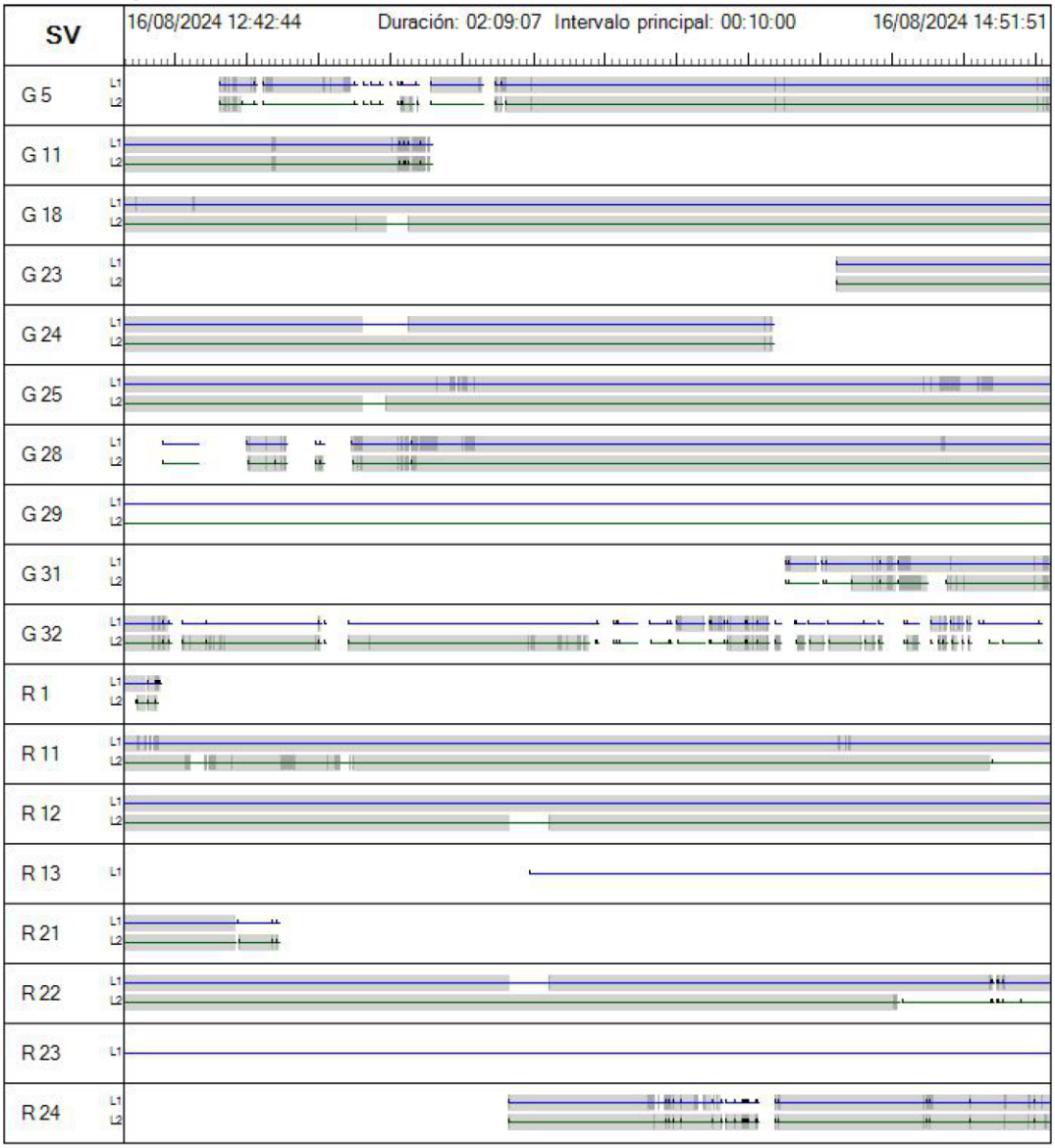
Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

	X	Y	Z
X	0.0000024322		
Y	-0.0000020872	0.0000077244	
Z	-0.0000007667	0.0000021022	0.0000016424

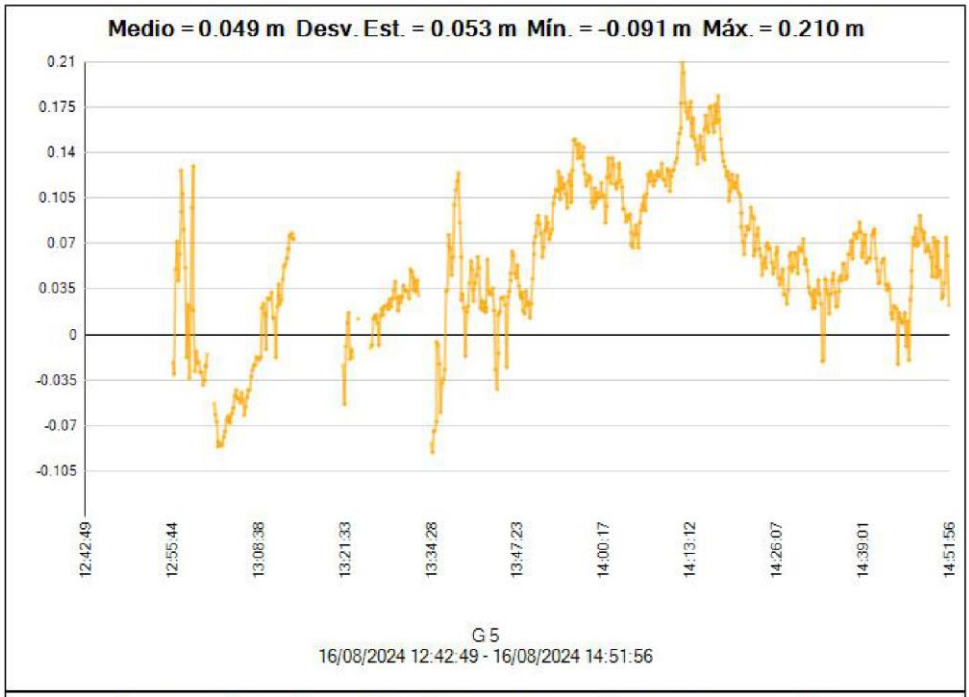
Ocupaciones

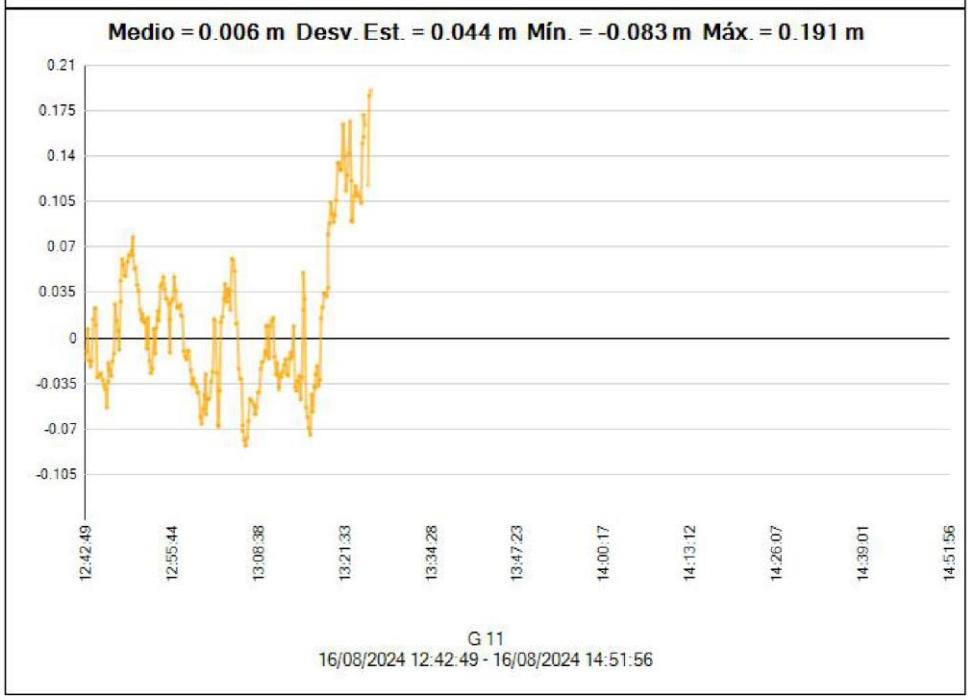
	De	A
ID de punto:	CS01	1015669
Archivo de datos:	G: \CERTIFICACION_02_PUNTOS_GEODESICOS_DE ORDEN_C_UNSAAC\DATA \DATA_PROCESAMIENTO \PROCESAMIENTO_UNSAAC_LABORATORIO_HIDRAULICA_01_PUNTO_GEODESICO\CS01229aB.T01	G: \CERTIFICACION_02_PUNTOS_GEODESICOS_DE ORDEN_C_UNSAAC\DATA \DATA_PROCESAMIENTO \PROCESAMIENTO_UNSAAC_LABORATORIO_HIDRAULICA_01_PUNTO_GEODESICO\52892292 (1).T01
Tipo de receptor:	NetR8	R8 Model 2
Número de serie del receptor:	4906K34484	4906165289
Tipo de antena:	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	R8 GNSS/SPS88x Internal
Número de serie de la antena:	40929389	--------
Altura de la antena (medida):	0.075 m	1.843 m
Método de antena:	Base del soporte de la antena	Centro del tope protector

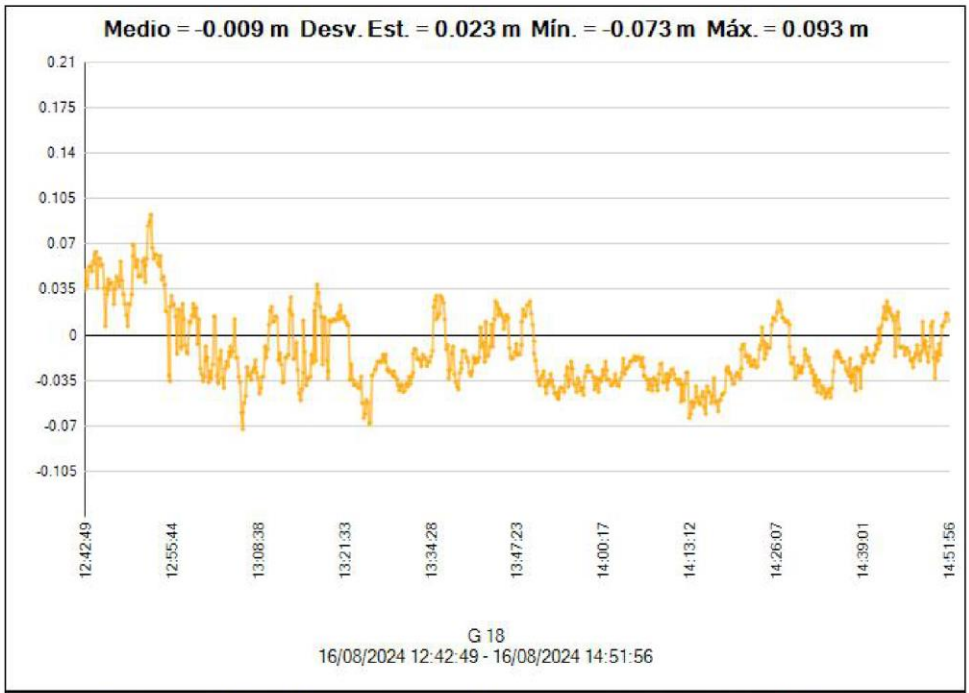
Resumen de seguimiento

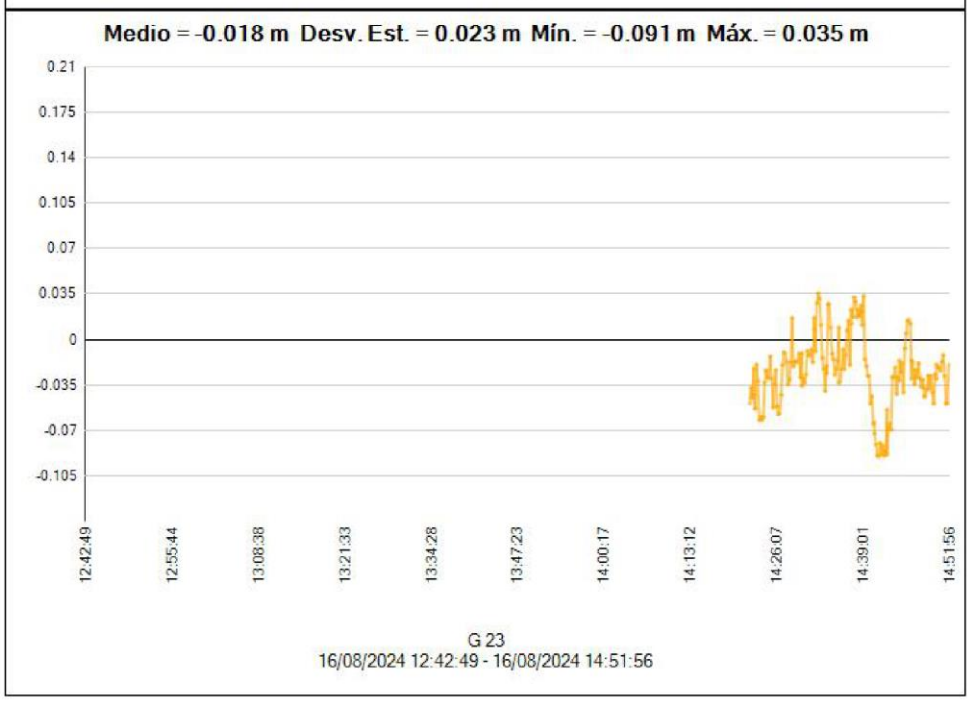


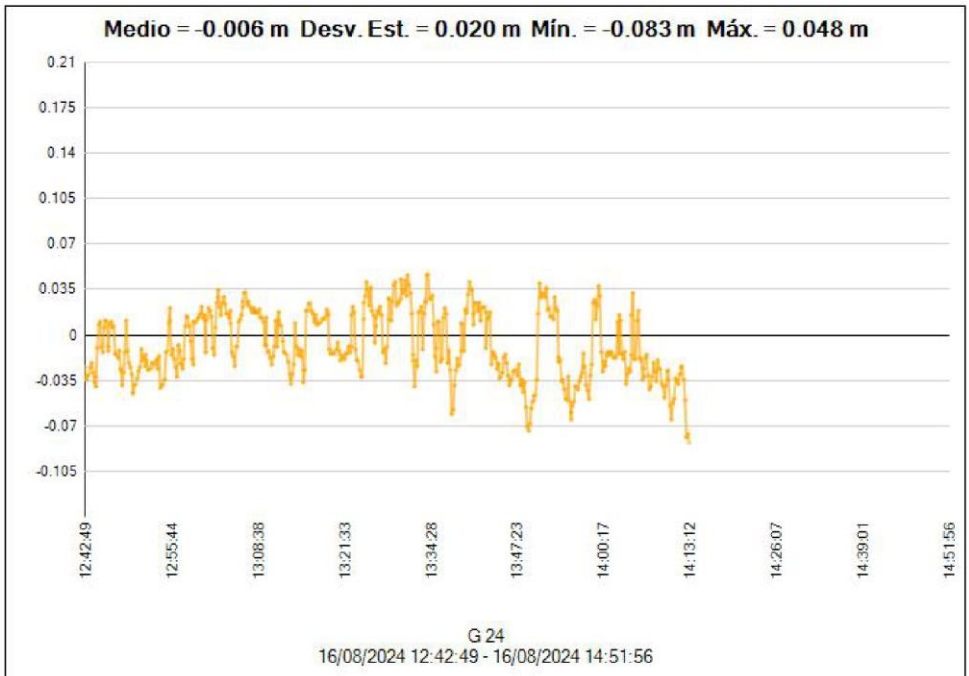
Residuales

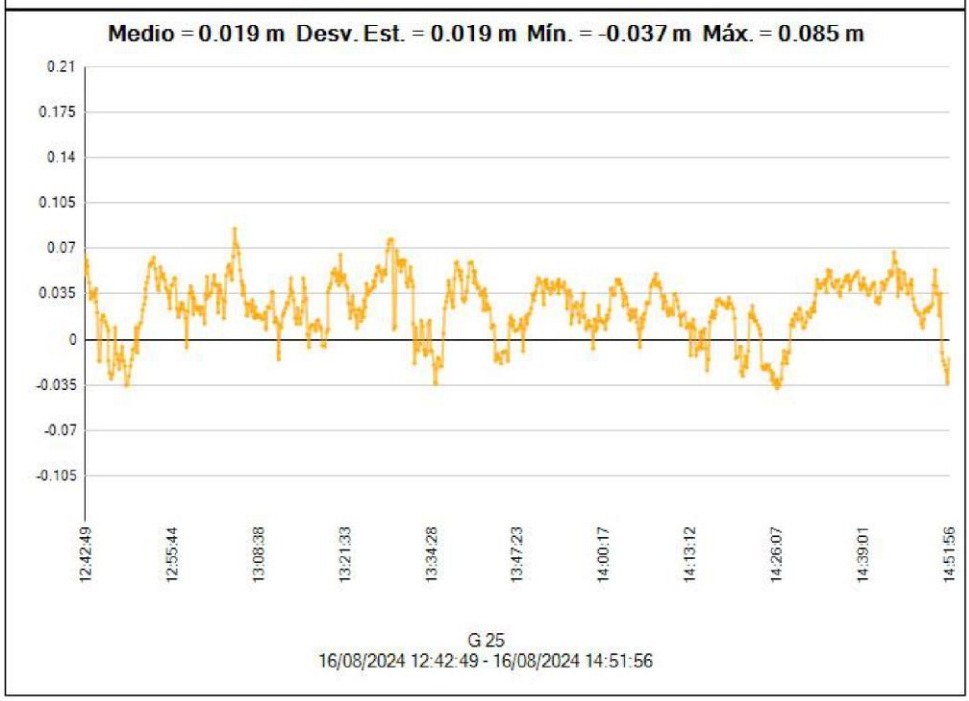

Medio = 0.049 m Desv. Est. = 0.053 m Mín. = -0.091 m Máx. = 0.210 m
0.21
0.175
0.14
0.105
0.07
0.035
0
-0.035
-0.07
-0.105
12:42:49
12:55:44
13:08:38
13:21:33
13:34:28
13:47:23
14:00:17
14:13:12
14:26:07
14:39:01
14:51:56
G 5
16/08/2024 12:42:49 - 16/08/2024 14:51:56

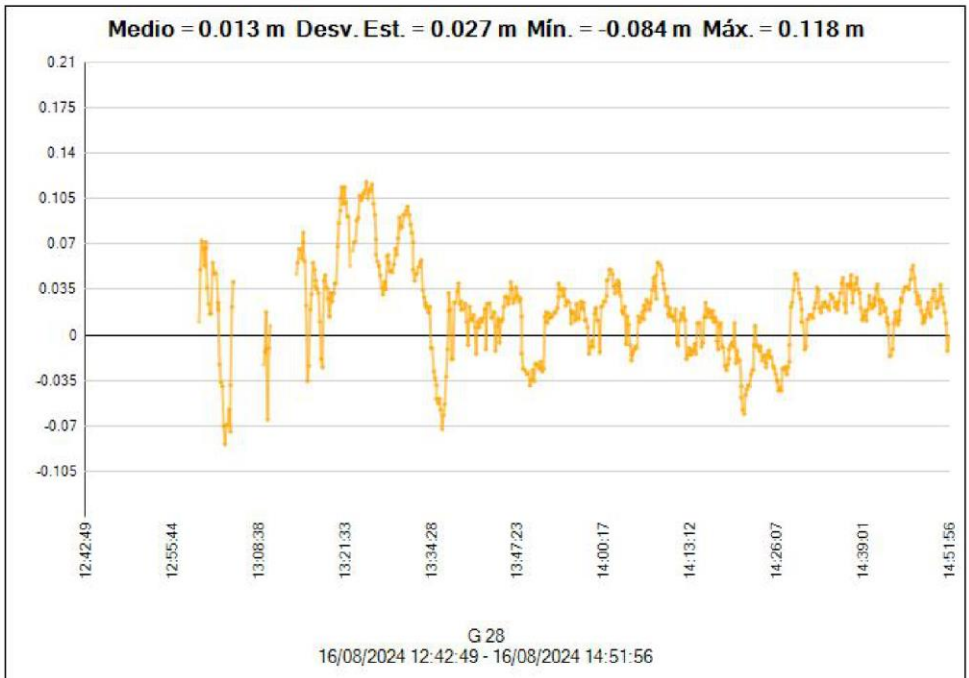

Medio = 0.006 m Desv. Est. = 0.044 m Mín. = -0.083 m Máx. = 0.191 m
0.21
0.175
0.14
0.105
0.07
0.035
0
-0.035
-0.07
-0.105
12:42:49
12:55:44
13:08:38
13:21:33
13:34:28
13:47:23
14:00:17
14:13:12
14:26:07
14:39:01
14:51:56
G 11
16/08/2024 12:42:49 - 16/08/2024 14:51:56

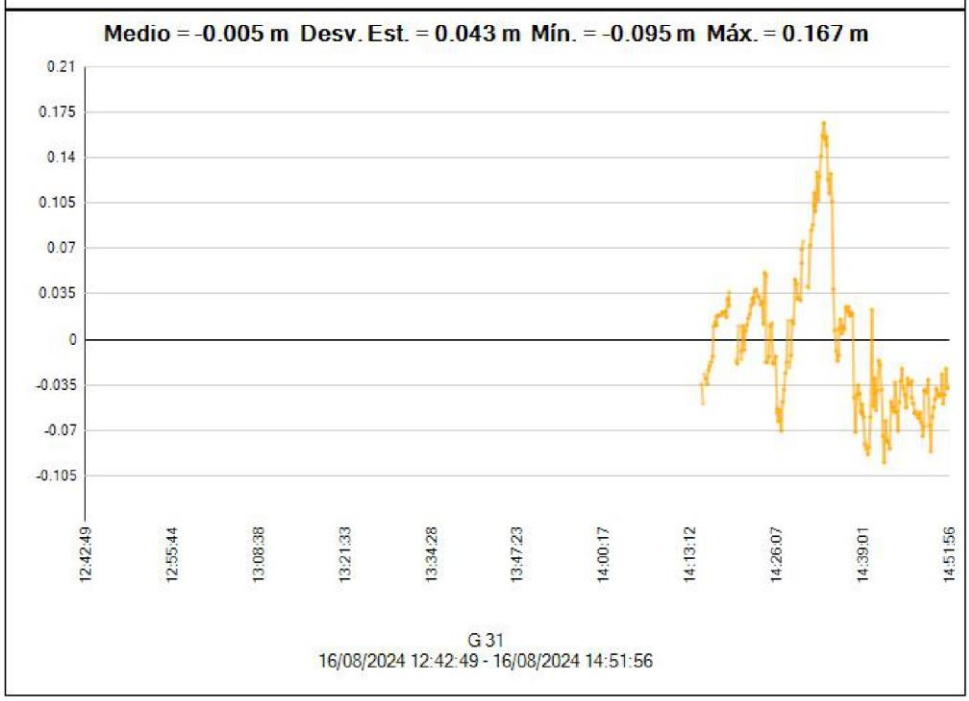

Medio = -0.009 m Desv. Est. = 0.023 m Mín. = -0.073 m Máx. = 0.093 m
0.21
0.175
0.14
0.105
0.07
0.035
0
-0.035
-0.07
-0.105
12:42:49
12:55:44
13:08:38
13:21:33
13:34:28
13:47:23
14:00:17
14:13:12
14:26:07
14:39:01
14:51:56
G 18
16/08/2024 12:42:49 - 16/08/2024 14:51:56

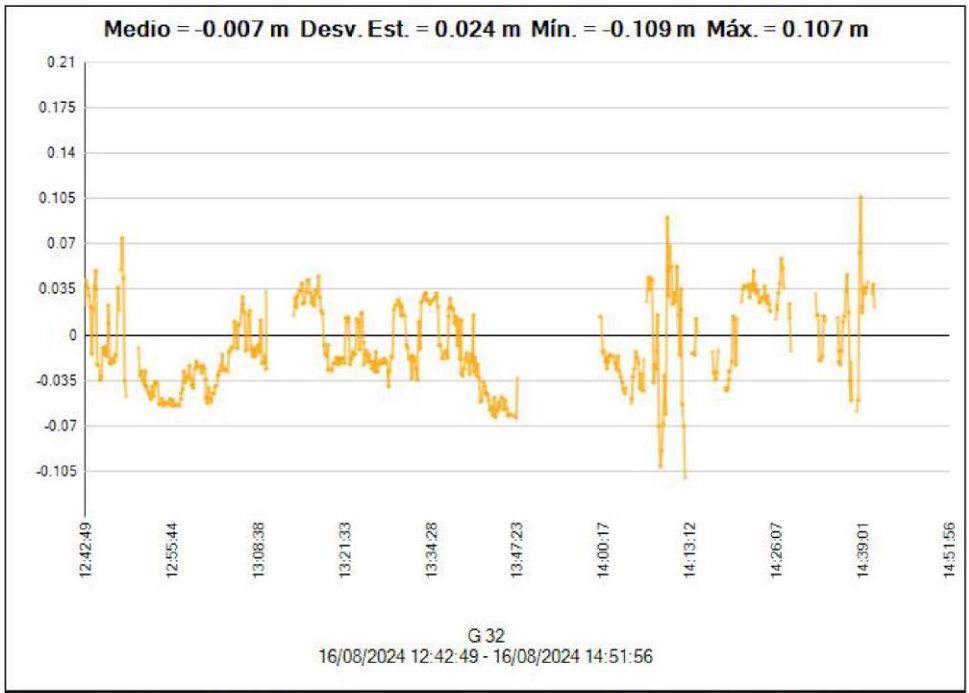

Medio = -0.018 m Desv. Est. = 0.023 m Mín. = -0.091 m Máx. = 0.035 m
0.21
0.175
0.14
0.105
0.07
0.035
0
-0.035
-0.07
-0.105
12:42:49
12:55:44
13:08:38
13:21:33
13:34:28
13:47:23
14:00:17
14:13:12
14:26:07
14:39:01
14:51:56
G 23
16/08/2024 12:42:49 - 16/08/2024 14:51:56

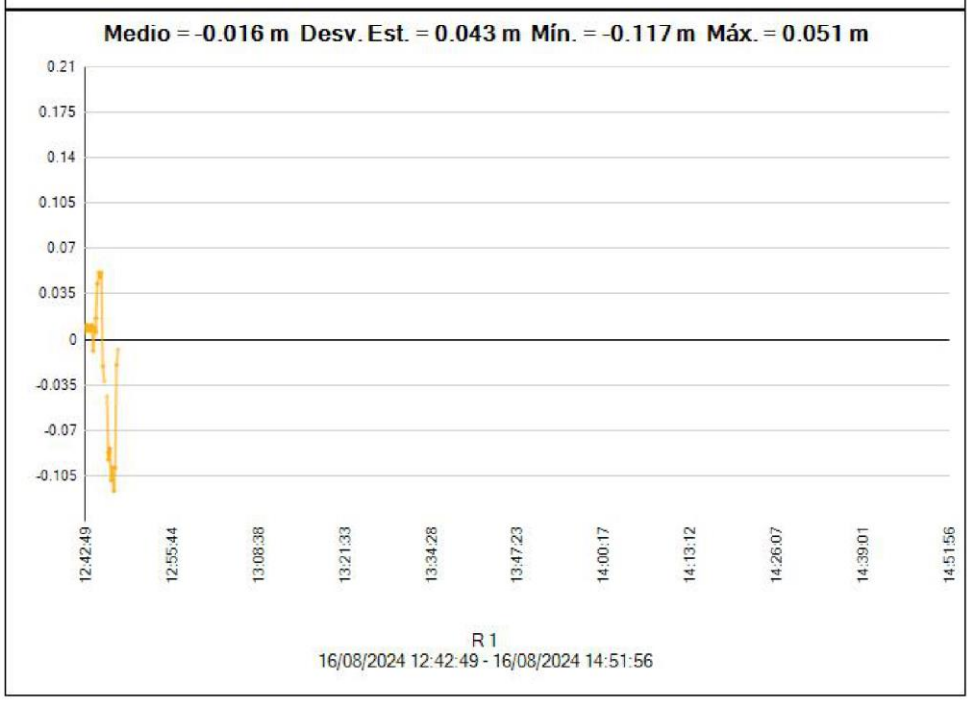

Medio = -0.006 m Desv. Est. = 0.020 m Mín. = -0.083 m Máx. = 0.048 m
0.21
0.175
0.14
0.105
0.07
0.035
0
-0.035
-0.07
-0.105
12:42:49
12:55:44
13:08:38
13:21:33
13:34:28
13:47:23
14:00:17
14:13:12
14:26:07
14:39:01
14:51:56
G 24
16/08/2024 12:42:49 - 16/08/2024 14:51:56

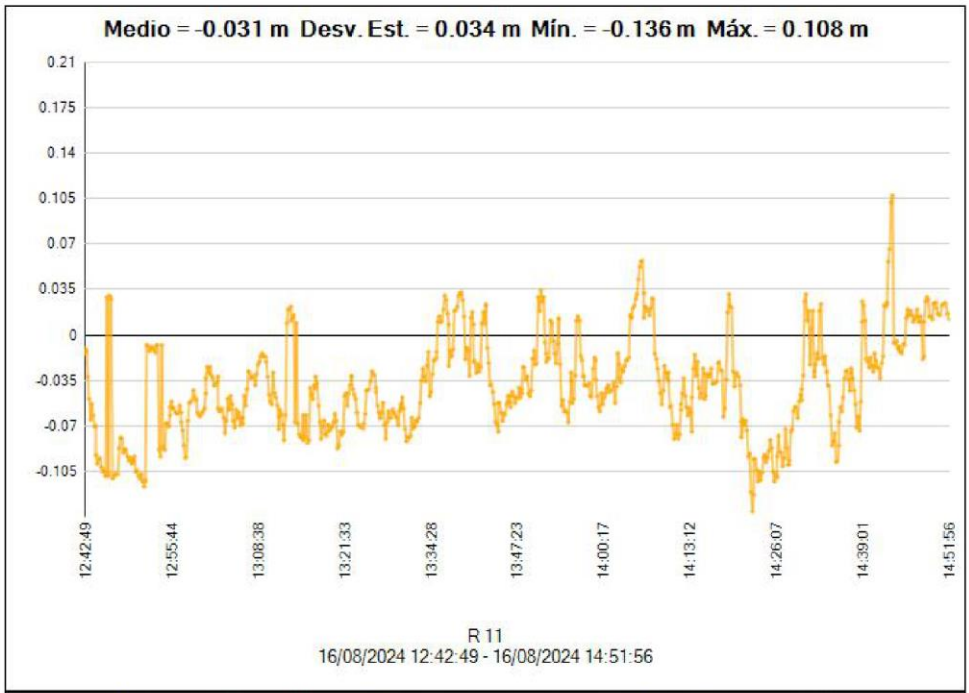

Medio = 0.019 m Desv. Est. = 0.019 m Mín. = -0.037 m Máx. = 0.085 m
0.21
0.175
0.14
0.105
0.07
0.035
0
-0.035
-0.07
-0.105
12:42:49
12:55:44
13:08:38
13:21:33
13:34:28
13:47:23
14:00:17
14:13:12
14:26:07
14:39:01
14:51:56
G 25
16/08/2024 12:42:49 - 16/08/2024 14:51:56

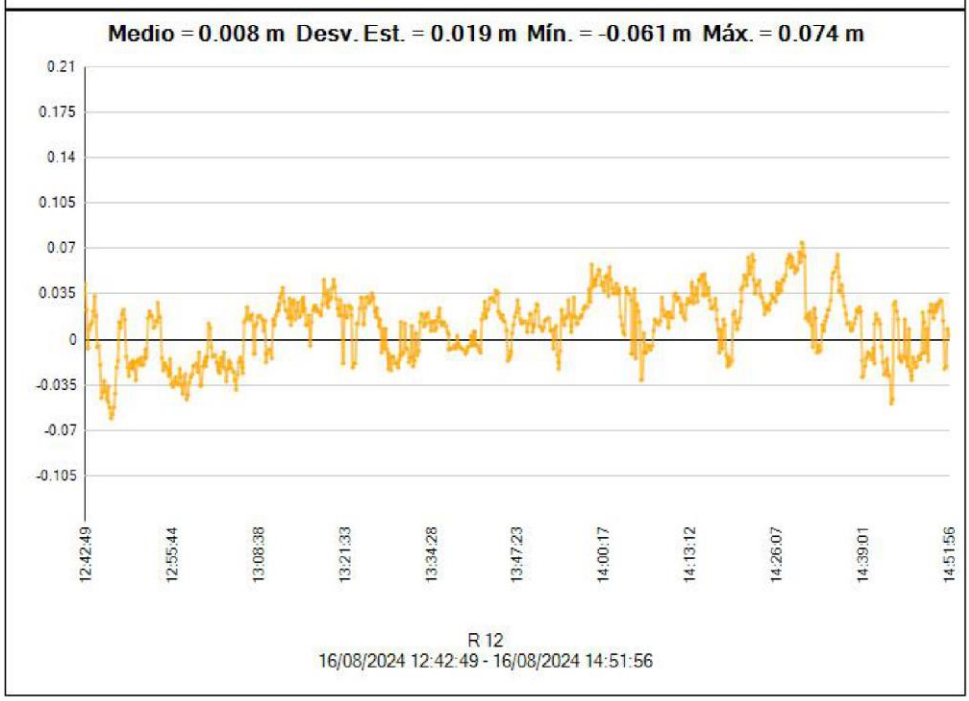

Medio = 0.013 m Desv. Est. = 0.027 m Mín. = -0.084 m Máx. = 0.118 m
0.21
0.175
0.14
0.105
0.07
0.035
0
-0.035
-0.07
-0.105
12:42:49
12:55:44
13:08:38
13:21:33
13:34:28
13:47:23
14:00:17
14:13:12
14:26:07
14:39:01
14:51:56
G 28
16/08/2024 12:42:49 - 16/08/2024 14:51:56

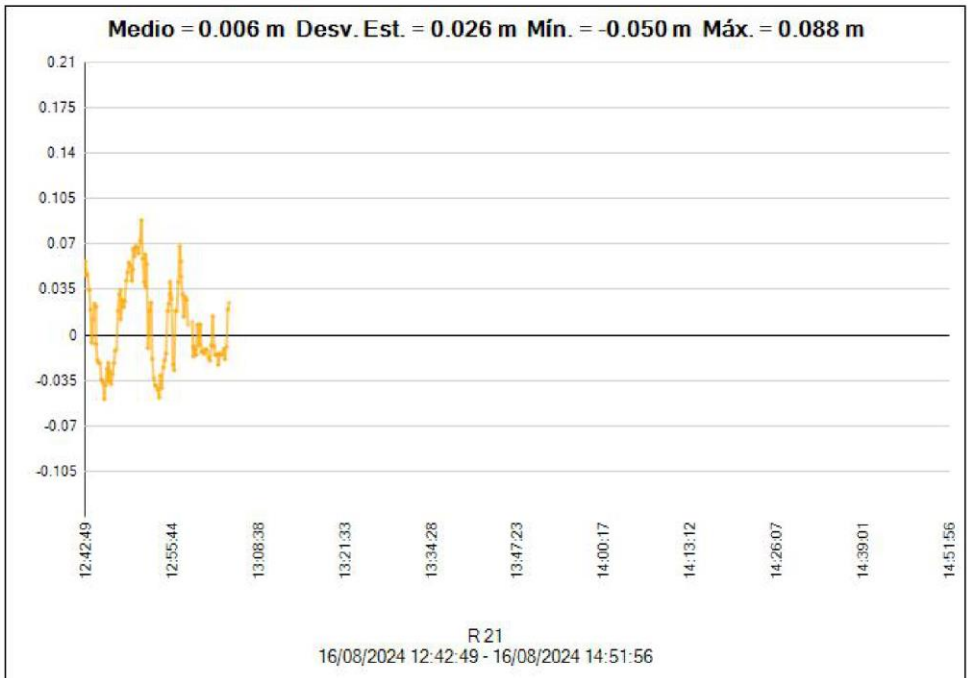

Medio = -0.005 m Desv. Est. = 0.043 m Mín. = -0.095 m Máx. = 0.167 m
0.21
0.175
0.14
0.105
0.07
0.035
0
-0.035
-0.07
-0.105
12:42:49
12:55:44
13:08:38
13:21:33
13:34:28
13:47:23
14:00:17
14:13:12
14:26:07
14:39:01
14:51:56
G 31
16/08/2024 12:42:49 - 16/08/2024 14:51:56

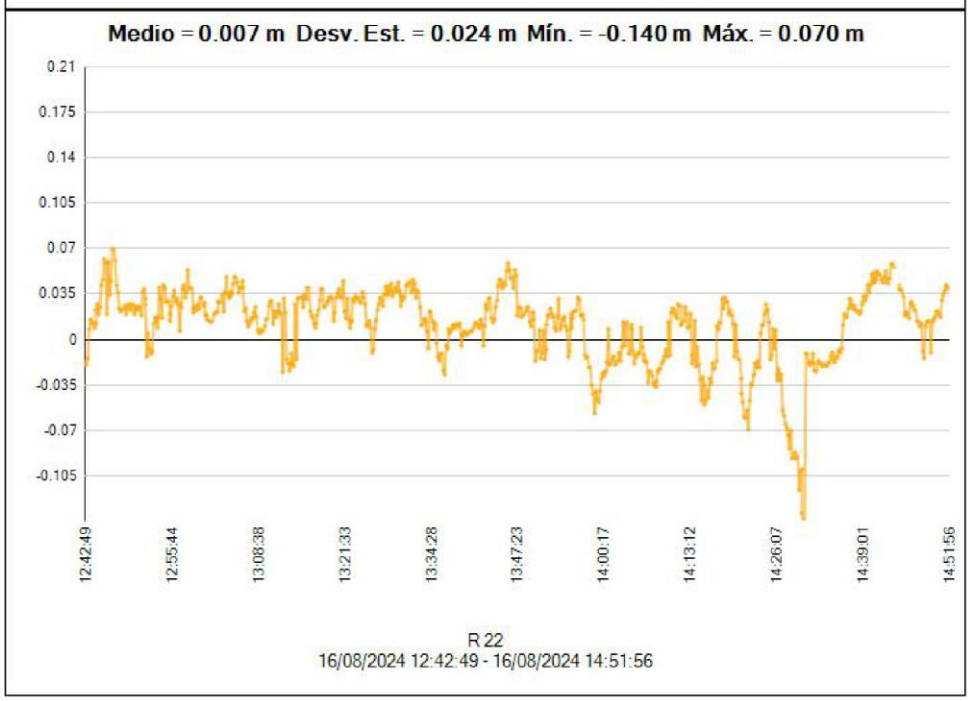

Medio = -0.007 m Desv. Est. = 0.024 m Mín. = -0.109 m Máx. = 0.107 m
0.21
0.175
0.14
0.105
0.07
0.035
0
-0.035
-0.07
-0.105
12:42:49
12:55:44
13:08:38
13:21:33
13:34:28
13:47:23
14:00:17
14:13:12
14:26:07
14:39:01
14:51:56
G 32
16/08/2024 12:42:49 - 16/08/2024 14:51:56

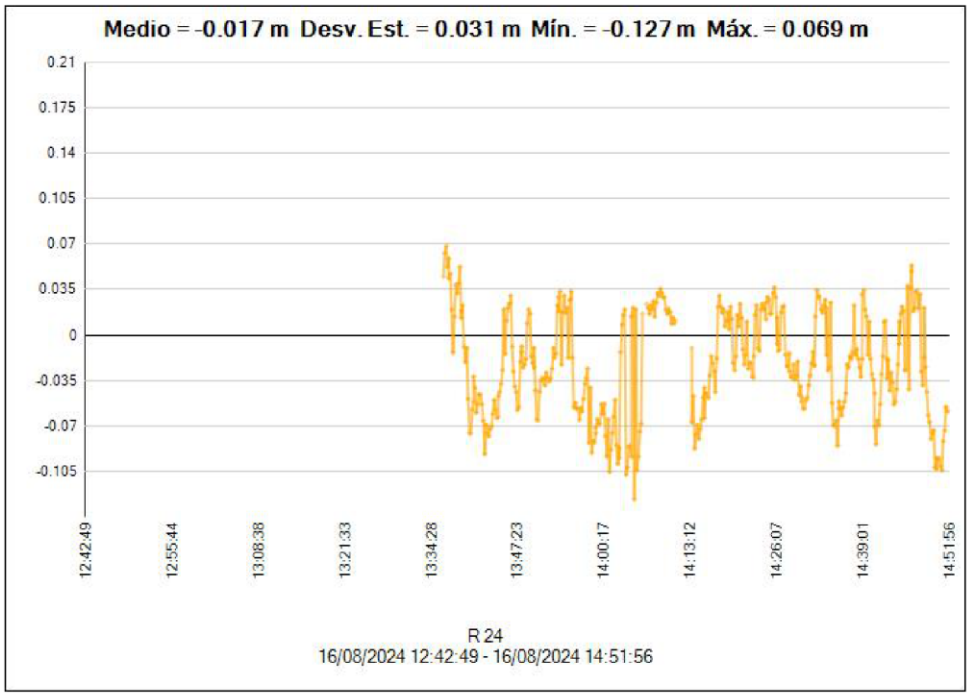

Medio = -0.016 m Desv. Est. = 0.043 m Mín. = -0.117 m Máx. = 0.051 m
0.21
0.175
0.14
0.105
0.07
0.035
0
-0.035
-0.07
-0.105
12:42:49
12:55:44
13:08:38
13:21:33
13:34:28
13:47:23
14:00:17
14:13:12
14:26:07
14:39:01
14:51:56
R 1
16/08/2024 12:42:49 - 16/08/2024 14:51:56


Medio = -0.031 m Desv. Est. = 0.034 m Mín. = -0.136 m Máx. = 0.108 m
0.21
0.175
0.14
0.105
0.07
0.035
0
-0.035
-0.07
-0.105
12:42:49
12:55:44
13:08:38
13:21:33
13:34:28
13:47:23
14:00:17
14:13:12
14:26:07
14:39:01
14:51:56
R 11
16/08/2024 12:42:49 - 16/08/2024 14:51:56


Medio = 0.008 m Desv. Est. = 0.019 m Mín. = -0.061 m Máx. = 0.074 m
0.21
0.175
0.14
0.105
0.07
0.035
0
-0.035
-0.07
-0.105
12:42:49
12:55:44
13:08:38
13:21:33
13:34:28
13:47:23
14:00:17
14:13:12
14:26:07
14:39:01
14:51:56
R 12
16/08/2024 12:42:49 - 16/08/2024 14:51:56


Medio = 0.006 m Desv. Est. = 0.026 m Mín. = -0.050 m Máx. = 0.088 m
0.21
0.175
0.14
0.105
0.07
0.035
0
-0.035
-0.07
-0.105
12:42:49
12:55:44
13:08:38
13:21:33
13:34:28
13:47:23
14:00:17
14:13:12
14:26:07
14:39:01
14:51:56
R 21
16/08/2024 12:42:49 - 16/08/2024 14:51:56


Medio = 0.007 m Desv. Est. = 0.024 m Mín. = -0.140 m Máx. = 0.070 m
0.21
0.175
0.14
0.105
0.07
0.035
0
-0.035
-0.07
-0.105
12:42:49
12:55:44
13:08:38
13:21:33
13:34:28
13:47:23
14:00:17
14:13:12
14:26:07
14:39:01
14:51:56
R 22
16/08/2024 12:42:49 - 16/08/2024 14:51:56



Estilo de procesamiento:

Máscara de elevación:	10°00'00.0"
Autoiniciar procesamiento:	Sí
Iniciar numeración automática de ID:	AUTO0001
Vectores continuos:	No
Generar residuales:	Sí
Modelo de antena:	Trimble Relative
Tipo de efeméride:	Preciso/a
Frecuencia:	Múltiples frecuencias
Intervalo de procesamiento:	1 segundo
Forzar flotante:	No
Tipo de procesamiento de SIG:	Procesamiento automático de portadoras y códigos

Criterios de aceptación

Componente del vector	Indicador	Fallida
Precisión horizontal >	0.050 m + 1.000 ppm	0.100 m + 1.000 ppm
Precisión vertical >	0.100 m + 1.000 ppm	0.200 m + 1.000 ppm

23/09/2024 00:26:36	G: \CERTIFICACION_02_PUNTOS_GEODESICOS _DE ORDEN_C_UNSAAC\DATA \DATA_PROCESAMIENTO \PROCESAMIENTO_UNSAAC_LABORATORIO _HIDRAULICA_01_PUNTO_GEODESICO.vce	Trimble Business Center

9. DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA DEL PUNTO GEODÉSICO.

	DESCRIPCION MONOGRAFICA		
NOMBRE:	**CODIGO:**	**LOCALIDAD:**	**ESTABLECIDO POR:**
1015669	1015669	CUSCO	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE HIDRAÚLICA
UBICACIÓN			**CARACTERISTICAS DE LA MARCA:**
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - LABORATORIO DE HIDRAÚLICA			DISCO DE BRONCE
LATITUD (S) WGS-84	**LONGITUD (W)WGS-84**	**NORTE (N) WGS-84**	**ESTE (E) WGS-84**
S13°31'13.54421"	A71°57'38.63924"	8503373.504 m	179488.309 m
ALTURA ELIPSOIDAL		**ELEVACION (EGM2008)**	**ZONA UTM**
3401.425 m		3355.148 m	19 SUR
ORDEN DEL PUNTO GEODESICO			
C			
CROQUIS TOPOGRAFICO		**IMAGEN DE RASTREO DE ANTENA**	
			
		IMAGEN DE DISCO	
			
DESCRIPCION			
El punto se encuentra monumentado en un hito de concreto de 40x40x60 cm, se incrusto una placa de Bronce, según especificaciones del IGN			
REFERENCIA			
CS01			
ESTACION DE RASTREO PERMANENTE - INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL			
DESCRITA POR:	**REVISADO POR:**	**JEFE DE PROYECTO:**	**FECHA:**
Raul Pacco Hancco	Alex Saraya Mendoza	Alex Saraya Mendoza	16/08/2024

Raul Pacco Hancco
RUC: 10774706700

Saraya Mendoza, Alex
DNI 43108164

10.GALERIA DE FOTOS

a. PROCESO DE MONUMENTACIÓN O INCRUSTACIÓN (DE SER EL CASO)



b. PROFUNDIDAD DEL TERRENO (EN CASO DE PREPARAR UN PILAR DE CONCRETO)



c. ANCLAJE DEL DISCO DE BRONCE



d. INCRUSTACIÓN DEL DISCO DE BRONCE



e. MONUMENTO TERMINADO



f. IMAGEN DEL DISCO DE BRONCE INSTALADO EN MONUMENTO TERMINADO



g. IMÁGENES DE RASTREO



h. MEDICION DE ALTURA DE ANTENA, CARACTERIZANDO LA MARCA EN LA ANTENA O EL ACCESORIO EMPLEADO



i. FOTOGRAFIA PANORAMICA DEL LUGAR QUE PERMITAN VISUALIZAR QUE EL PUNTO ESTE LIBRE DE OBSTRUCCIONES (DESDE DISTINTOS ÁNGULOS)



11. FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE UTILIZADA.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO

FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS DE RASTREO PERMANENTE

0. DATOS GENERALES:

Preparado por:	Departamento de Procesamiento Geodésico
Realizado:	30 de noviembre de 2020
Versión:	3.1.0

1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:

Nombre:	Cusco
Código Nacional:	CS01
Código Internacional:	42235M001
Inscripción:	Placa de bronce
Orden de la estación:	"0"
Fecha de monumentación:	20 de julio de 2010

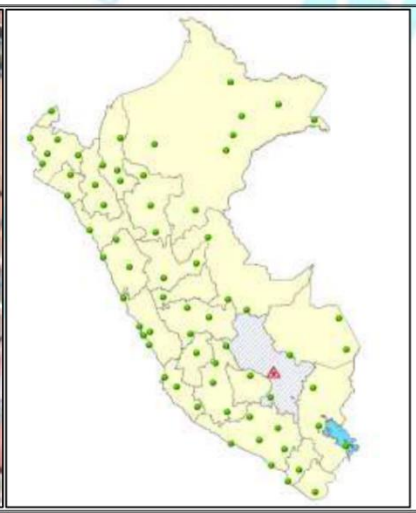


2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:

Departamento:	Cusco
Provincia:	Cusco
Distrito:	Wanchaq
Ubicación de la estación:	Plan MERISS del Gobierno Regional de Cusco

CROQUIS DE UBICACIÓN





3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN:

Sistema de referencia: GRS80 / WGS84	**Marco de referencia:** ITRF2000

3.1. GEODÉSICAS:

Latitud (S)	Longitud (O)
13°31'27.32009"	71°57'45.34163"
Altura Elipsoidal (m)	**Factor de escala combinado**
3410.0430	1.000871242128

3.2. CARTESIANAS

X (m)	Y (m)	Z (m)
1921528.2810	-5900745.4758	-1482655.4930

3.3. UTM

Este (m)	Norte (m)
179291.7309	8502947.3663
Zona: 19 Sur	

4. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS

4.1. RECEPTOR:

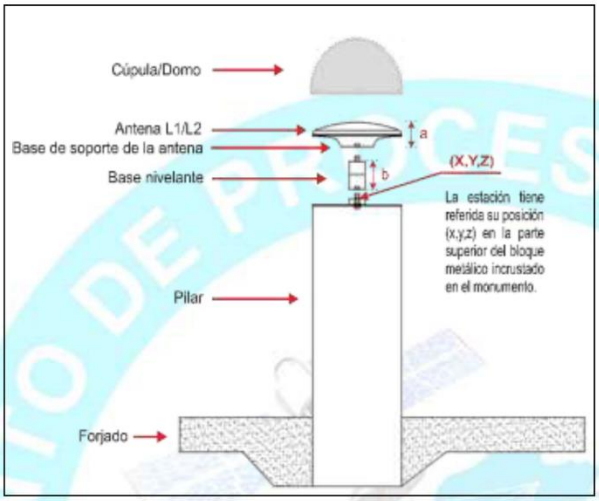
Modelo: NET R8 TRIMBLE, Doble frecuencia
N° de serie: 4906K34484
Versión del firmware: 4.41
Fecha de instalación: 20 de julio de 2010
Ubicación del receptor: El receptor se encuentra dentro de una caja metálica de color blanco humo empotrada en la pared, ubicado en la oficina de informatica de la mencionada institución.

4.2. ANTENA:

Modelo: Zephyr Geodetic Model 2 (L1,L2) Trimble
N° de serie: 1440929389
Cubierta protectora: con domo
Medición de la antena: ARP (Base de soporte de la antena)
Altura de la antena: 0.0750 m
Fecha de instalación 20 de julio de 2010
Ubicación de la antena: La antena está instalada sobre un tubo cilíndrico de acero de 30 cm de alto y 6 pulgadas de diámetro, ubiacada en el techo de la mencionada institución.

5. ESQUEMA DE LA ESTACIÓN

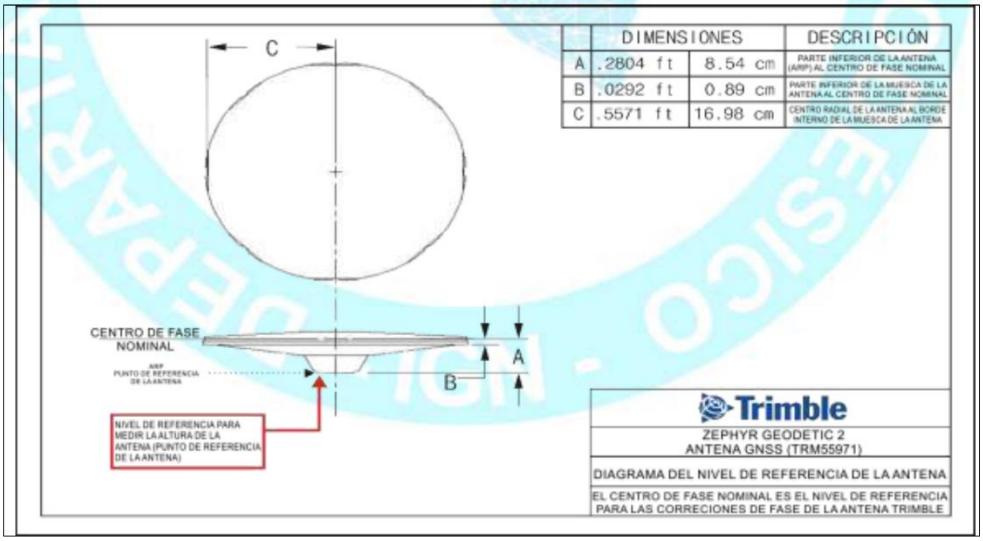
5.1.ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA





a = 8.54 cm	Distancia de compensación del centro de fase. (Phase Center Offset)
b = 7.50 cm	Distancia entre la base de soporte de la antena y el límite superior del bloque metálico incrustado en el monumento.

5.2.DIMENSIONES DE LA ANTENA



6. INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESAMIENTO

Área de mantenimiento:	DPG
Área de control:	DPG
Área de procesamiento:	DPG
Observables:	L1, L2, C1, P2
Intervalo de registro:	5 seg
Máscara de elevación:	5°
Archivo diario:	24 HRS
Formato de archivo nativo:	*T01
Datos para el procesamiento:	06 al 19 de septiembre de 2020
Tipo de órbita:	Efemérides precisas finales
Archivo procesado:	Rinex 2.11
Software de procesamiento:	Gamit / Globk V 10.71
Procesador y analista GNSS:	Lic. Franklin Maylle Gamarra
Revisado por:	CAP. EP. Rogger Montoya Monroy

7. CONTACTOS

Oficina:	Departamento de Procesamiento Geodésico
Dirección:	Av. Andrés Aramburú 1184, Surquillo, Lima 34, Perú
Teléfono:	4759960 / 4753030 Anexo 120
Correo:	cpg@ign.gob.pe / sirgas_peru@ign.gob.pe
Web site:	http://209.45.65.186/rastreo_permanente

12. SOLICITUD DE CÓDIGO DE PUNTO GEODÉSICO.

SOLICITUD DE CÓDIGOS PARA PUNTOS GEODÉSICOS

INFORMACION DEL SOLICITANTE : N° Solicitud : 0000017551

PERSONA NATURAL/JURIDICA RESPONSABLE DE LOS TRABAJOS TRABAJOS DE POSICIONAMIENTO GNSS	PACCO HANCCO RAUL
TELEFONO / CELULAR	935430896
CORREO ELECTRONICO	141596@unsaac.edu.pe
CANTIDAD DE PUNTOS GEODÉSICOS	

Datos del Punto Geodésico 1	
ORDEN DE PUNTO GEODÉSICO	"C"
CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO 1(*)	1015669

FECHA DE REGISTRO : 13/08/2024

AVISO 01
El código asignado por el Sistema de Certificaciones, tendrá validez de no mayor a seis (06) meses para su certificación, ello contempla el proceso de levantamiento de observaciones (en caso lo hubiera). El no cumplimiento de lo dispuesto, llevará a la anulación y asignación de dichos códigos a otros proyectos.

AVISO 02
Se le hace de su conocimiento que el responsable consignado el presente documento es la unica persona autorizada para solicitar ampliación de vigencia de codigos

13.COMPROBANTE DE PAGO DEL FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACION GNSS PERMANENTE.

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
AV. ARAMBURU 1184 ZONA SURQUILLO
LIMA - LIMA Dni N° :
TELEFONO : 226-7067
EMAIL : COMERCIALIZACION@IGN.GOB.PE
Horario de Atención: Lunes a Viernes 09:00 am - 04:00 pm

BOLETA ELECTRONICA
RUC :20301053623
B001-006020

Datos de Cliente

Cliente : PACCO HANCCO RAUL
Direccion : AVCHINCHAISUYO CUSCO CUSCO
DNI. 77470670

Datos de la Boleta

Fecha de Emision : 20 Julio 2021
N° Interno : 0000000944
Forma de Pago : DEPOSITO
Tipo de Moneda : SOLES

ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO U	SUBTOTAL
01	B-07-01-00052	DATA ERP WANCHAQ DIGITAL DVD	1	119.40	119.40
02	B-07-01-00102	FICHA TECNICA DE ERP WANCHAQ COPIA PAPEL	1	116.70	116.70

DOSCIENTOS TREINTA Y SEIS CON 10/100 SOLES

Usuario : 77470670
Clave : 0000013991
Ingrese al link
http://app.ign.gob.pe/documentoelectroni

Vendedor : rBROCCAS
Cobrado Por : jBROCCAB
Hora Impresion : 02:02:45p.m.

OP. GRAVADA :	S/	200.08
OP. EXONERADA	S/	0.00
OP. INAFECTA :	S/	0.00
ISC :	S/	0.00
IGV :	S/	36.02
OTROS CARGOS :	S/	0.00
OTROS TRIBUTOS	S/	0.00
IMPORTE TOTAL	S/	236.10

Esta es una representacion impresa **Efectos fiscales al pago**

N° NOTA VENTA : 0000003992
ERP CS01 - WANCHAQ
FECHA: 13/07/2021
141596@UNSAAC.EDU.PE

14. COMPROBANTE DE PAGO DE DATA DE LA ESTACION GNSS PERMANENTE.

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
AV. ARAMBURU 1184 - SURQUILLO
LIMA - LIMA
TELEFONO : 226-7067
EMAIL : COMERCIALIZACION@IGN.GOB.PE
Horario de Atención: Lunes a Viernes 09:00 am - 04:00 pm

RECIBO DE INGRESO
RUC :20301053623
R001-034592

Datos de Cliente

Cliente :	PACCO HANCCO RAUL
Direccion :	AV. DE LA CULTURA 1002 OFI. 307
DNI.	77470670

Datos del Recibo

Fecha de Emision :	23 Agosto 2024
N° Interno :	0000012860
Forma de Pago :	DEPOSITO
Tipo de Moneda :	SOLES

ITEM	CODIGO		CANTIDAD	PRECIO U	SUBTOTAL
01	S-02-04-00019	SERVICIO DE DATA DE LA RED GEODESÍCA NACIONAL (DATA GNSS ERP) - WANCHAQ CUSCO CUSCO -- WANCHAQ 080108	1.00	119.40	119.40

CIENTO DIECINUEVE CON 40/100 SOLES

IMPORTE TOTAL S/ 119.40

Vendedor : aleonv
Cobrado Por : aleonv
Hora Impresion : 03:15:01p.m.

Esta es una representacion impresa

N° NOTA VENTA : 0000014222

CS01 - WANCHAQ (1 SEG)
16/08/2024
141596@UNSAAC.EDU.PE

15.COMPROBANTE DE PAGO DEL SERVICIO DE CERTIFICACION DE LOS PUNTOS GEODÉSICOS A CERTIFICAR.

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
AV. ARAMBURU 1184 - SURQUILLO
LIMA - LIMA
TELEFONO : 226-7067
EMAIL : COMERCIALIZACION@IGN.GOB.PE
Horario de Atención: Lunes a Viernes 09:00 am - 04:00 pm

RECIBO DE INGRESO
RUC :20301053623
R001-034814

Datos de Cliente

Cliente :	PACCO HANCCO RAUL
Direccion :	AV. DE LA CULTURA 1002 OFI. 307
DNI.	77470670

Datos del Recibo

Fecha de Emision :	27 Agosto 2024
N° Interno :	0000013083
Forma de Pago :	DEPOSITO - DEPOSITO
Tipo de Moneda :	SOLES

ITEM	CODIGO		CANTIDAD	PRECIO U	SUBTOTAL
01	S-02-04-00019	SERVICIO DE DATA DE LA RED GEODESÍCA NACIONAL (DATA GNSS ERP) - WANCHAQ CUSCO CUSCO -- WANCHAQ 080108	1.00	119.40	119.40
02	S-02-06-01725	SERVICIO DE CERTIFICACION DE PROCESAMIENTO DE PUNTO GEODESICO - ORDEN "C" CUSCO ANTA -- MOLLEPATA 080307	1.00	307.70	307.70

CUATROCIENTOS VEINTISIETE CON 10/100 SOLES

IMPORTE TOTAL S/ 427.10

Vendedor : aleonv
Cobrado Por : aleonv
Hora Impresion : 03:43:55p.m.

Esta es una representacion impresa

N° NOTA VENTA : 0000014476

CS01-WANCHAQ
03/08/24 AL 1 SEG
CODIGO 1015669
141596@UNSAAC.EDU.PE

16.DECLARACIÓN JURADA DE TOMAR CONOCIMIENTO DE LAS CONSIDERACIONES TÉCNICO ADMINISTRATIVAS ACTUALIZADO MAYO 2021

16. DECLARACIÓN JURADA DE TOMAR CONOCIMIENTO DE LAS CONSIDERACIONES TÉCNICO ADMINISTRATIVAS ACTUALIZADO MAYO 2021

DECLARACIÓN JURADA DE TOMA DE CONOCIMIENTO

Yo, Raul Paco Hancco identificado(a) con DNI Nº 77470670 y con domicilio en Av. De la cultura 1000 del distrito Wanchaq provincia Cusco departamento Cusco declaro bajo juramento lo siguiente:

Que, he tomado conocimiento de toda la información consignada en las Consideraciones Técnico Administrativa para la certificación de puntos geodésicos de orden "A", "B" y "C" Actualizado Mayo 2021, por lo que asumo la responsabilidad del resultado del proceso de verificación del expediente para certificación presentado.

Lima, 24 de Agosto del 2024.



Huella digital
Índice
derecho

Firma

Nombres y Apellidos : Raul Paco Hancco

DNI : 77470670

Scanned with CamScanner

17. DECLARACION JURADA DE NO PRESENTAR DOCUMENTACION FALSA Y/O ADULTERADA

17. DECLARACIÓN JURADA DE NO PRESENTAR DOCUMENTACIÓN FALSA Y/O ADULTERADA

DECLARACIÓN JURADA DE NO PRESENTAR DOCUMENTACIÓN FALSA Y/O ADULTERADA

Yo, Raul Paco Huanco identificado(a) con DNI Nº 77470670 y con domicilio en Av. Pachacutec 1000 del distrito Wanchaq provincia Cusco departamento Cusco declaro bajo juramento lo siguiente:

Que, declaro bajo juramento que toda la información presentada en el expediente para certificación es real y fidedigna, asumiendo la responsabilidad administrativa, disciplinaria y civil penal que puede derivar de la presente declaración en caso de encontrarse documentación falsa y/o adulterada, dispuesto en el Artículo 427° del Código Penal (Falsificación de documentos), siendo que dicho delito puede ser sancionado con pena privativa de libertad no menor de dos ni mayor de diez años y con treinta a noventa días-multa si se trata de un documento público.

Lima, 24 de Agosto del 2024



Huella digital
Índice
derecho

Firma

Nombres y Apellidos : Raul Paco Huanco

DNI : 77470670

Scanned with CamScanner

ANEXO 2.2:
ESTUDIO TOPOGRÁFICO

LABORATORIO DE HIDRAULICA_UNSAAC

Informe de procesamiento

23 September 2024



Datos del levantamiento

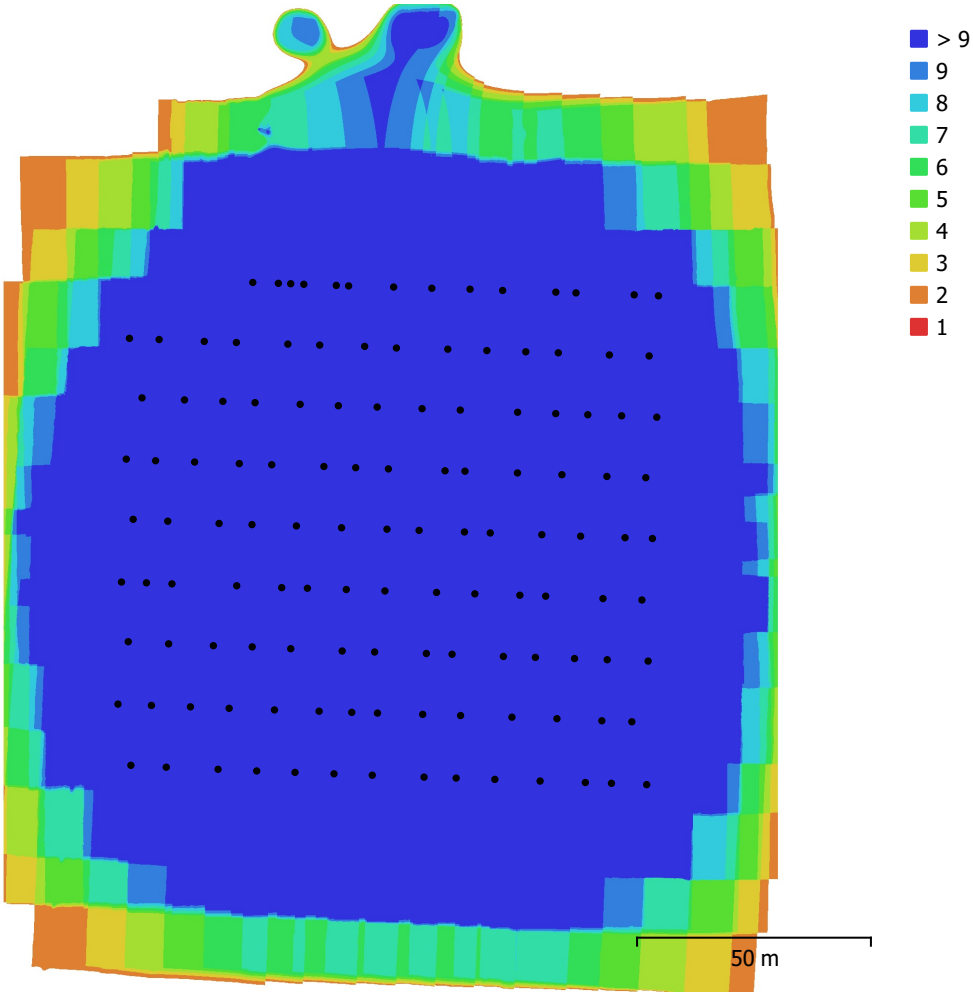


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes:	126	Imágenes alineadas:	126
Altitud media de vuelo:	70.2 m	Puntos de paso:	2,113
Resolución en terreno:	1.5 cm/pix	Proyecciones:	9,873
Área cubierta:	0.0313 km^2	Error de reproyección:	0.882 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
XT705 (10.125mm)	5472 x 3648	10.125 mm	2.4 x 2.4 micras	Sí

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

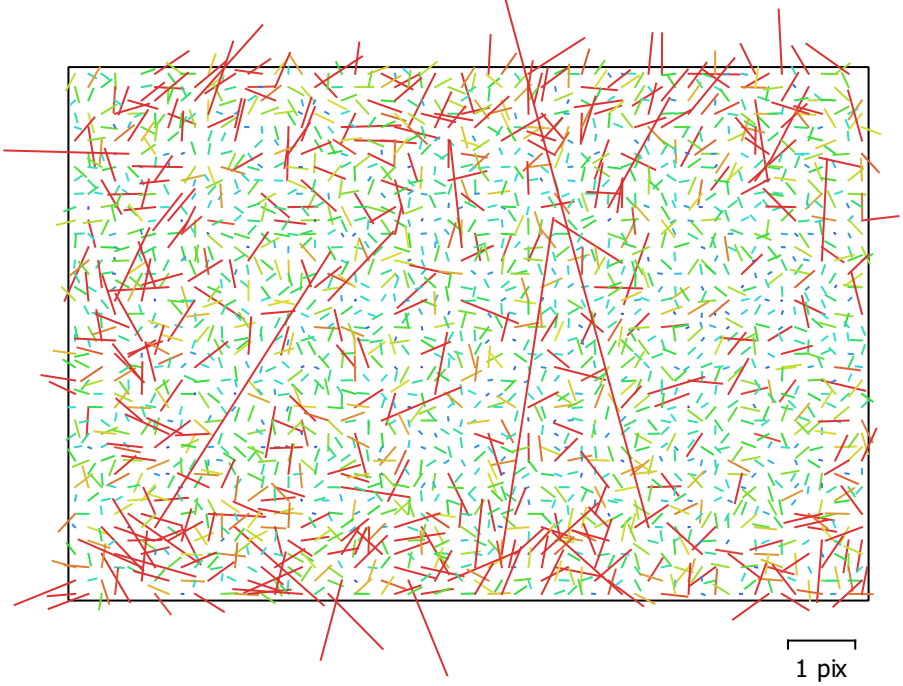


Fig. 2. Gráfico de residuales para XT705 (10.125mm).

XT705 (10.125mm)

126 imágenes, precalibrada

Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
Cuadro	**5472 x 3648**	**10.125 mm**	**2.4 x 2.4 micras**

	Valor	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	**4579.97**	7.3	1.00	0.04	-0.85	0.10	-0.11	0.43	-0.36	0.36	-0.28	-0.19	-0.20
Cx	**-32.5718**	0.27		1.00	-0.04	-0.02	0.01	0.01	-0.02	0.02	-0.01	0.84	0.00
Cy	**-4.71403**	0.4			1.00	-0.11	0.10	-0.38	0.32	-0.32	0.25	0.17	0.54
B1	**-9.36032**	0.21				1.00	0.01	0.09	-0.06	0.06	-0.05	-0.05	-0.06
B2	**-3.36585**	0.21					1.00	-0.04	0.04	-0.03	0.02	0.02	0.02
K1	**0.0995125**	0.00091						1.00	-0.93	0.89	-0.83	-0.12	-0.18
K2	**-0.419817**	0.0067							1.00	-0.99	0.96	0.10	0.06
K3	**0.875019**	0.021								1.00	-0.99	-0.09	-0.06
K4	**-0.556399**	0.022									1.00	0.07	0.04
P1	**-0.00239808**	2.2e-05										1.00	0.06
P2	**0.000621576**	1.7e-05											1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Posiciones de cámaras

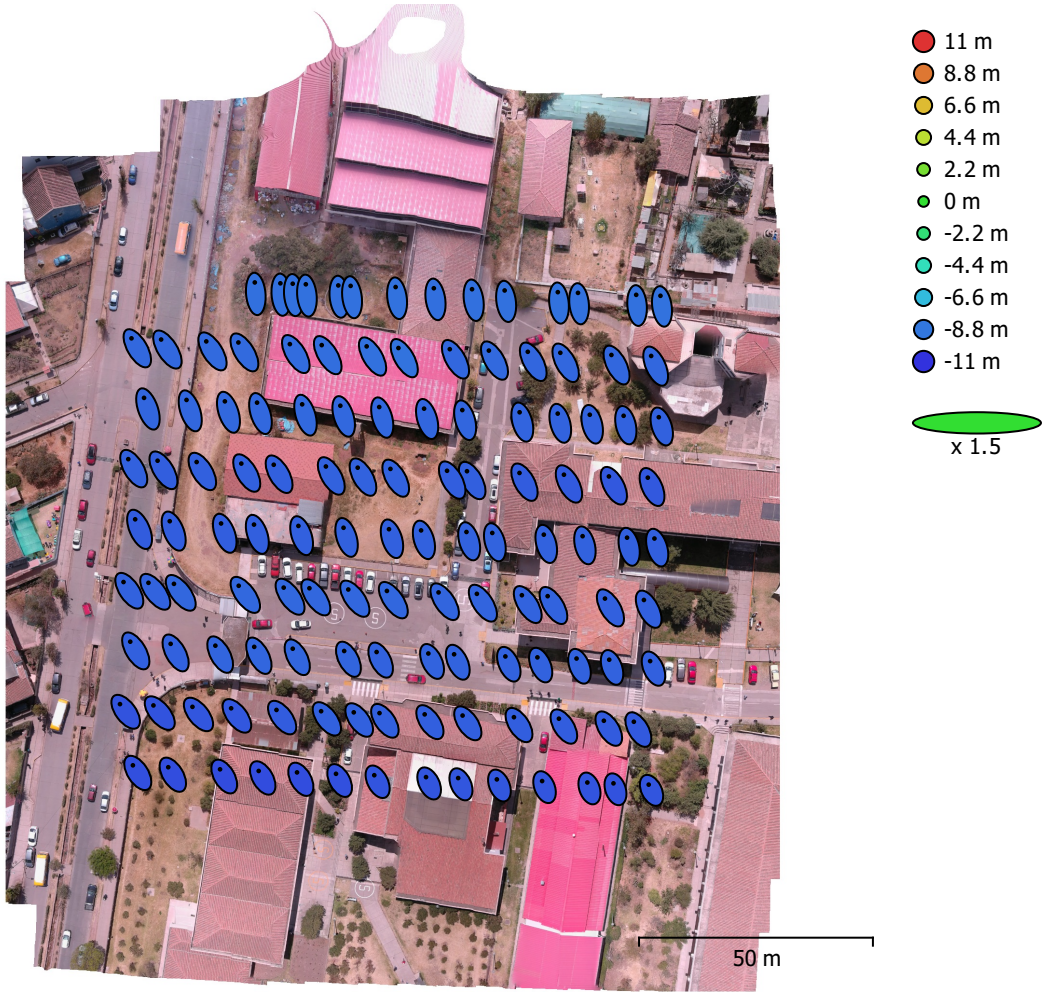


Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error.
El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.
Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
1.26319	2.62621	9.47127	2.91421	9.90947

Tabla 3. Errores medios de las posiciones de cámaras.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Puntos de control terrestre

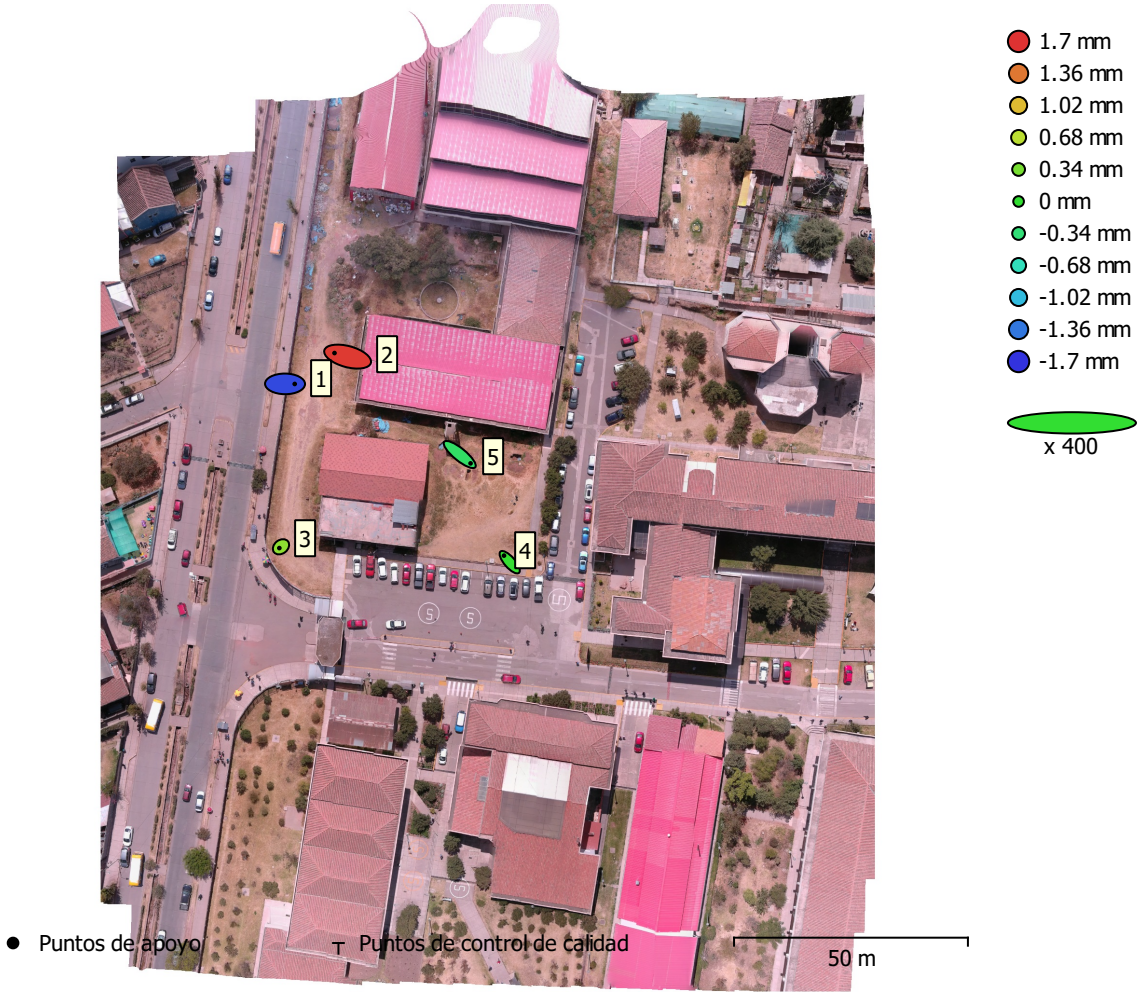


Fig. 4. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.
El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.
Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
5	0.977628	0.557217	0.105349	1.12528	1.1302

Tabla 4. ECM de puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
1	1.03477	-0.00828045	-0.158777	1.04691	0.337 (20)
2	-1.40088	0.380419	0.166051	1.46108	0.402 (24)
3	-0.177043	-0.136021	0.0455942	0.22787	0.292 (25)
4	-0.611075	0.702267	0.00198198	0.930911	0.357 (21)
5	1.15793	-0.946565	-0.0250295	1.4958	0.300 (44)
Total	**0.977628**	**0.557217**	**0.105349**	**1.1302**	**0.334**

Tabla 5. Puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

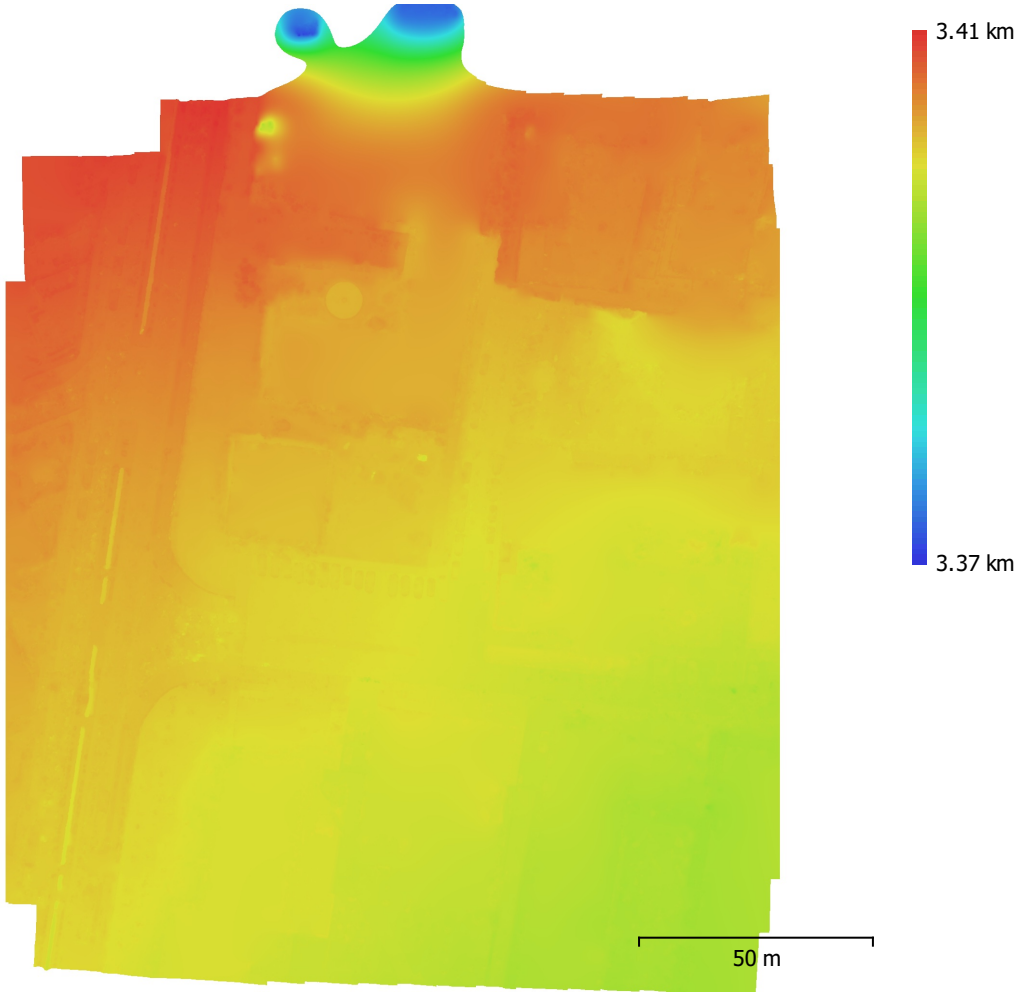


Fig. 5. Modelo digital de elevaciones.

Resolución:	6 cm/pix
Densidad de puntos:	278 puntos/m^2

Parámetros de procesamiento

Generales	
Cámaras	126
Cámaras orientadas	126
Marcadores	5
Formas	
Cadena poligonal	3888
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo
Nube de puntos	
Puntos	2,113 de 2,890
RMS error de reproyección	0.18722 (0.882345 pix)
Error de reproyección máximo	1.04561 (15.8628 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	3.69054 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	4.891
Parámetros de orientación	
Precisión	Alta
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Origen
Puntos clave por foto	1,000
Límite de puntos clave por megapixel	1,000
Puntos de paso por foto	100
Excluir puntos de paso inmóviles	Sí
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	33 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	165.88 MB
Tiempo de orientación	7 segundos
Uso de memoria durante el alineamiento	38.04 MB
Parámetros de optimización	
Parámetros	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1, p2
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	0 segundos
Fecha de creación	2024:08:26 13:40:28
Versión del programa	1.8.5.15407
Tamaño de archivo	295.58 KB
Mapas de profundidad	
Número	93
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Límite máximo de redundancia	16
Tiempo de procesamiento	1 minuto 53 segundos
Tamaño de archivo	159.64 MB
Nube de puntos densa	
Puntos	12,189,206
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media

Nivel de filtrado	Moderado
Límite máximo de redundancia	16
Tiempo de procesamiento	1 minuto 53 segundos
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	4 minutos 29 segundos
Parámetros de clasificación de puntos de terreno	
Ángulo máximo (deg)	20
Distancia máxima (m)	0.5
Tamaño de célula (m)	25
Tiempo de clasificación	1 minuto 1 segundo
Uso de memoria durante la clasificación	822.11 MB
Fecha de creación	2024:08:26 14:28:57
Versión del programa	1.8.5.15407
Tamaño de archivo	176.43 MB
MDE	
Tamaño	2,755 x 3,516
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
Parámetros de reconstrucción	
Origen de datos	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Tiempo de procesamiento	10 segundos
Uso de memoria	194.49 MB
Fecha de creación	2024:08:26 14:42:15
Versión del programa	1.8.5.15407
Tamaño de archivo	25.29 MB
Ortomosaico	
Tamaño	11,020 x 14,064
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
Colores	3 bandas, uint8
Parámetros de reconstrucción	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	MDE
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Habilitar el filtro de efecto fantasma	No
Tiempo de procesamiento	3 minutos 37 segundos
Uso de memoria	1.30 GB
Fecha de creación	2024:08:26 14:47:51
Versión del programa	1.8.5.15407
Tamaño de archivo	2.64 GB
Sistema	
Nombre del programa	Agisoft Metashape Professional
Versión del programa	1.8.5 build 15407
OS	Windows 64 bit
RAM	31.82 GB
CPU	Intel(R) Xeon(R) E-2176M CPU @ 2.70GHz
GPU(s)	Quadro P4200 with Max-Q Design

ANEXO 2.3:
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME GEOTÉCNICO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

INDICE GENERAL

1 GENERALIDADES 3

1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO 5

1.1.1 OBJETIVO GENERAL 5

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5

1.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO 6

1.2.1 NORMATIVIDAD APLICADA EN EL PRESENTE ESTUDIO 6

1.3 PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN 7

1.3.1 GENERALIDADES 7

1.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO 8

1.5 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO 8

2 ESTUDIOS DE CAMPO 9

2.1 GENERALIDADES 9

2.2 ANÁLISIS Y ENSAYOS DE LABORATORIO 9

2.3 NAPA FREÁTICA 9

2.4 RESULTADOS 10

2.5 PROFUNDIDAD Y TIPO DE CIMENTACIÓN 10

2.6 CAPACIDAD DE CARGA 11

2.7 CARGA O PRESIÓN ADMISIBLE (qa) 11

2.8 ASPECTOS DE CARACTETER SÍSMICO 11

3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 14

4 PANEL FOTOGRÁFICO 15

5 RESULTADOS 19

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1: PARÁMETROS DE DISEÑO. 13

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: MAPA DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL PERÚ 12

CAPITULO I

GENERALIDADES

1 GENERALIDADES

La Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, tiene entre sus prioridades la implementación de centros de investigación, que desarrollen las diferentes áreas del conocimiento mediante la experimentación y la investigación. EI presente proyecto tiene como fin la construcción de la infraestructura necesaria para complementar al Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, en los terrenos ubicados adyacentes al Laboratorio de Hidráulica. Con este propósito y para los fines de cimentación de la edificación, se realiza el presente Estudio de Mecánica de Suelos.

En ingeniería, la mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la física y las ciencias naturales a los problemas que involucran las cargas impuestas a la capa superficial de la corteza terrestre. Esta ciencia fue fundada por Karl Von Terzaghi, a partir de 1925.

Todas les obras de Ingeniería Civil se apoyan sobre el suelo de una u otra forma, y muchas de ellas utilizan el suelo como elemento de construcción para terraplenes, diques y rellenos en general, por lo su estabilidad, comportamiento funcional y estético estarán determinados, entre otros factores, por desempeño del material de asiento situado dentro de las profundidades de influencia de los esfuerzos que se generan, o por el suelo utilizado para conformar los rellenos.

Si se sobrepasan los límites de la capacidad resistente del suelo o si, aún sin llegar a ellos, las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en los miembros estructurales, quizá no tomados en consideración en el diseño, productores a su vez de deformaciones importantes, fisuras, grietas, alabeo o desplomos que pueden producir en casos extremos el colapso de la obra o su inutilización y abandono.

La mecánica de suelos incluye:

a) Teorías sobre el comportamiento de los suelos sujetos a cargas basadas en simplificaciones necesarias dado el estado actual de la teoría.

b) Investigación de las propiedades físicas de los suelos.

c) aplicación del conocimiento teórico y empírico de los problemas prácticos.

Los métodos de investigación de laboratorio figuran en la rutina de la mecánica de suelos.

La mecánica de suelos desarrolló sistemas de clasificación de suelos, color, olor, texturas, distribución de tamaños, plasticidad (A. Casagrande)

Durante su trabajo en campo el Ingeniero Civil ha de enfrentarse con muy diversos e importantes problemas planteados por el terreno. Prácticamente todas las estructuras de ingeniería civil deben cimentarse sobre la superficie de la tierra o dentro de ella.

Para que una estructura se comporte satisfactoriamente debe poseer una cimentación adecuada.

Cuando el terreno firme está próximo a la superficie, una forma viable de transmitir al terreno las cargas concentradas de los muros o pilares de un edificio es mediante zapatas.

Un sistema de zapatas se denomina cimentación superficial, cuando el terreno firme no está próximo a la superficie un sistema habitual para transmitir el peso de la estructura al terreno mediante elementos verticales como pilotes caissons.

La tecnología moderna en el campo de la ingeniería civil, plantea dos aspectos de primordial importancia a la geotecnia y más propiamente a la mecánica de suelos:

- En primer lugar, establecen los procedimientos y normativas con el fin de investigar y conocer previamente las características físico mecánicas de los suelos sobre los cuales se fundarán las estructuras de cimentación de las edificaciones proyectadas.

Prioritariamente determinar la profundidad o cota de desplante o cimentación (Df); y para esta profundidad calcular la capacidad de carga (qc) y la presión o resistencia admisible (qa), que permitirá al proyectista dimensionar las estructuras de fundación de los diversos tipos de edificaciones.

- En segundo lugar, analizar los diversos factores que incidirán en la calidad, estabilidad duración de las edificaciones. Estos factores en esencia son los siguientes:
  - Cómo afecta el agua de la napa freática en los asentamientos diferenciales de las edificaciones.
  - La incidencia del movimiento o circulación de las masas humanas en los centros comerciales, mercados, instituciones educativas, etc. Considerar principalmente el fenómeno de la trepidación de masas en movimiento.
  - Comportamiento de las edificaciones ante las vibraciones de las máquinas en los centros industriales y otros.
  - Fenómeno del "empuje de tierras" que incide en la reptación de los suelos, especialmente por la saturación con el agua.
  - El comportamiento de los suelos y las edificaciones construidas ante los movimientos sísmicos.
  - Circulación vehicular intensa.
  - El comportamiento de las edificaciones ante las incidencias de los fenómenos meteorológicos, lluvias, nevadas, vientos, etc.

Estos y otros factores intervienen en la determinación del Factor se Seguridad (Fs) con cuyo índice se corrige la capacidad de carga (qc), para obtener la presión o carga admisible (qa) de los suelos de soporte o fundación.

Para este propósito se han seguido los lineamientos de las normas correspondientes señaladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, y de acuerdo al tipo del proyecto.

El presente informe técnico se refiere al estudio de mecánica de suelos para el proyecto de tesis: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024", ubicado en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco en el distrito de Cusco, Provincia Cusco, región Cusco. Para lo cual se ha efectuado el reconocimiento respectivo y evaluación de las condiciones actuales del área de estudio destinado para la construcción del proyecto de tesis en mención.

Los trabajos se desarrollaron en tres etapas; inicialmente los trabajos correspondientes al relevamiento de información, ejecutados directamente en el campo; posteriormente los trabajos que evalúan las características de los materiales involucrados en el proyecto; y finalmente el procesamiento de toda la información recopilada que permita establecer los parámetros de diseño. Los trabajos de campo se orientaron a explorar la superficie y el sub suelo de los lugares establecidos como alternativas para la construcción del laboratorio de Hidráulica, mediante la ejecución de calicatas el muestreo de suelos del terreno de fundación para realizar los correspondientes ensayos de laboratorio.

Se tomaron muestras disturbadas de cada una de las exploraciones ejecutadas, las mismas que fueron remitidas al laboratorio especializado. Los trabajos en el laboratorio se han orientado a determinar las características físicas y mecánicas de los suelos obtenidos del muestreo, las que sirvieron de base para determinar las características de diseño.

1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

El presente informe técnico tiene por objeto investigar el terreno de fundación del proyecto de tesis:

"SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"; por medio de trabajos de campo a través de pozos de exploración o calicatas "A cielo Abierto", ensayos de laboratorios a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo y efectuar las labores de gabinete en base a los datos obtenidos.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descripción geológica del área de estudio
- Definir el perfil estratigráfico de los suelos estudiados en el área del proyecto.
- Clasificación de suelos del terreno de fundación y del subsuelo,
- Determinar las propiedades físicas, mecánicas, identificando los tipos de suelos y caracterizándolos en función de las normas vigentes para el caso; sectorizando de ser posible el suelo de fundación en función de dichas características.

- Establecer la capacidad portante del suelo de fundación (definiendo el valor de Qadm), Niveles Freáticos (NF) especificando así la condición de diseño que permita verificar las dimensiones.
- Obtención de las características y parámetros del subsuelo necesario para efectuar el diseño de la estructura del canal de riego.

1.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la construcción de una edificación complementaria de dos niveles de concreto armado. El uso de cada nivel será de la siguiente manera: el primer nivel estará compuesto por Hall de ingreso, Ambiente de modelos hidráulicos a escala, Taller de carpintería y metales (modelos hidráulicos), Taller de electrónica (equipos hidrométricos), Servicio higiénico varones, Servicio higiénico mujeres, Servicio higiénico discapacitados, Cuarto de máquinas, Área de suministro y tratamiento de agua, Cuarto de limpieza y Deposito 01. El segundo nivel consta de oficina de jefe de laboratorio incluyendo el star, secretaria y Servicio higiénico privado, Oficina de jefe de investigación, Servicios higiénicos y Oficina 1 (Oficina de Investigación).

El área aproximada de la edificación complementaria es de 575 m² aproximadamente. Las luces son de 6.0 m aproximadamente entre ejes y de 3.75 m para los ejes perpendiculares a los anteriores.

Se realizarán prospecciones de campo mediante calicatas de 3.00m. a más de profundidad mínima (o hasta encontrar el sustrato rocoso) o hasta 0.50m. a más por debajo del nivel freático. En las excavaciones se registrarán los niveles freáticos correspondientes, así como las características del suelo para la elaboración de los perfiles estratigráficos. A partir de los ensayos de laboratorio y descripciones de campo, se determinará la granulometría del suelo, clasificación del suelo, índice de plasticidad, etc.

1.2.1 NORMATIVIDAD APLICADA EN EL PRESENTE ESTUDIO

El presente informe del Estudio de Mecánica de Suelos se ha desarrollado en concordancia con las siguientes normatividades:

- Norma E.050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente. (diciembre 2018).
- Norma E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones, vigente. (febrero 2019).
- Norma CE.010 "Pavimentos Urbanos" vigente.
- Normas de American Society for Testing and Materials (ASTM).
- Normas American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- Normas técnicas peruanas NTP vigentes, normas ACI y demás estándares.

Para los fines de determinación del Programa de Investigación Mínimo (PIM) del EMS, las edificaciones serán calificadas según la Tabla Nro. 01, donde A, B y C designan la importancia relativa de la estructura desde el punto de vista de la investigación de suelos necesaria para cada tipo de edificación, siendo el A más exigente que B y éste que el C.

Tabla 1: *Tipo de edificación u obra para determinar el número de puntos de exploración.*

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS • (m)	NÚMERO DE PISOS (Incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	< 12	III	III	III	II
PÓRTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	< 10	III	III	II	I
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	< 12	II	I	---	---
BASES DE MÁQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	I	---	---	---
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	I	I	I	I
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	II	I	I	I
- Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior.					
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤ 9 m de altura	> 9 m de altura		
		II	I		
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA		III			
INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO EN OBRAS URBANAS.		IV			

Fuente: Tabla 1, Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E-050.

Los ensayos realizados se están dando conforme a lo solicitado en el TDR y a la normativa ASTM según corresponde:

1.3 PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 GENERALIDADES

Un programa de investigación de campo y laboratorio se define mediante:

a) Condiciones de frontera

b) Número de puntos de investigación

El número de puntos de investigación se determina en la tabla Nro. 2 en función del tipo de edificación y el área de la superficie a ocupar por este.

Tabla 2: *Número de puntos de exploración*

Tipo de edificación u obra (Tabla 1)	Número de puntos de exploración (n)
I	uno por cada 225 m2 de área techada del primer piso
II	uno por cada 450 m2 de área techada del primer piso
III	uno por cada 900 m2 de área techada del primer piso*
IV	uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas

Habilitación urbana para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

Fuente: Tabla 6, Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E-050.

c) Profundidad "p" mínima a alcanzar en cada punto de investigación.

d) Distribución de los puntos en la superficie del terreno

e) Número y tipo de muestra a extraer.

f) Ensayos a realizar "in situ" y en laboratorio.

1.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO

Los terrenos para la construcción del proyecto "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024", están ubicados dentro de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, en la circunscripción del distrito del distrito y provincia y región Cusco.

1.5 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El proyecto comprende la construcción de un edificio con características estrictamente de acuerdo a los requerimientos técnicos esenciales para los servicios académicos del rubro. Los datos principales de proyecto son:

1. La edificación contará con 2 pisos o niveles
2. Él área de construcción es de 575m2
3. Estarán destinados esencialmente a la actividad académica
4. Todas las demás características estructurales y de diseño, se encuentran detalladas en los planos y expediente técnico del proyecto.

CAPITULO II

ESTUDIOS DE CAMPO

2 ESTUDIOS DE CAMPO

2.1 GENERALIDADES

Para realizar el Estudio de Campo se ha realizado los siguientes procedimientos:

1. Se ha excavado 2 pozo de prospección.
2. Los pozos de prospección se han designado como C-01 y C-02.
3. La profundidad excavada fue de -3.20 desde el nivel de piso actual, las excavaciones de os pozos se han realizado por el sistema "a cielo abierto".
4. Se realizó catalogación estratigráfica de cada pozo de prospección.
5. Extracción de muestras de las diferentes capas de la pared estratigráfica.
6. Se obtuvieron también muestras inalteradas.
7. No se encontró nivel freático al nivel excavado.
8. Se realizaron también ensayos de densidad natural según Norma ASTM D 1556.

2.2 ANÁLISIS Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras de suelo obtenidas de los pozos de exploración fueron sometidas a los siguientes ensayos y análisis de laboratorio:

Tabla 3: *Ensayos desarrollados i/o considerados en el proyecto.*

Nro.	ENSAYO	NORMA PERUANA	NORMAS ASTM	NORMAS AASHTO
01	Contenido de Humedad	NTP 339.127	D 2216	T-77
02	Análisis Granulométrico	NTP 339.128	D 422 E-11-70	T-77
03	Límite Líquido	NTP 339.129	D 4318	T-89/90
04	Límite Plástico	NTP 339.129	D 4318	T-89/90
05	Clasificación SUCS Y AASHTO	NTP 339.134	D 2487	T-77
06	Corte Directo	NTP 339.171	D 3080	T-123

Fuente: Elaboración Tesistas.

2.3 NAPA FREÁTICA

No se registró presencia de Napa Freática en los pozos de prospección desarrollados.

2.4 RESULTADOS

1. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS. El proceso de identificación y Clasificación de los diversos tipos de suelos ha sido efectuado de acuerdo a los procedimientos normados Por los sistemas de la SUCS o Sistema Unificado de Clasificación (ASTM D 2487) y AASHTO.

2. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS. Se ha diseñado 2 perfiles estratigráficos que se adjuntan al presente estudio, en los Anexos correspondientes. En los perfiles que se determinaron se desarrolla una descripción sintetizada de las características más importantes de los suelos que conforman la pared edafológica del sub suelo.

3. ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA POR CORTE DIRECTO. Los ensayos de Corte directo se han realizado con el fin de obtener los valores de la Cohesión C y el ángulo de Fricción ø, siguiendo la norma ASTM D 3080. La obtención de estos dos valores permite el cálculo de los factores que se emplearán en la ecuación general de capacidad de carga (qc).

En los siguientes cuadros se muestran los valores obtenidos de los ensayos de Corte Directo.

Tabla 4: *Valores obtenidos del ensayo de Corte Directo.*

POZO	C-01	C-02
PROFUNDIDAD (m)	0 – 3.20	0 – 3.20
ɣnat (g/cm3)	2.104	2.123
COHESIÓN C (kg/cm2)	0.52	0.51
ÁNGULO DE FRICCIÓN ø (°)	26.8	27.1

Fuente: Elaboración Tesistas.

2.5 PROFUNDIDAD Y TIPO DE CIMENTACIÓN

1. PROFUNIDAD DE CIMENTACIÓN. Para determinar el nivel de fundación Df se tiene en consideración las siguientes características y condiciones del proyecto:

   - La edificación tendrá 2 pisos o niveles.
   - Otras condiciones como la finalidad de los servicios, las incidencias de carácter sísmico,
   - asentamientos y otros efectos.
   - Los tipos de suelos de mayor presencia en los estratos de influencia a las estructuras de fundación, son las arcillas limo arenosas, clasificadas como CL y otras de menor presencia en una estratigrafía no muy definida.
   - Las estructuras predefinidas de fundación Df, se colocarán a la profundidad de -2.50 m, medidos a partir del nivel de vereda del local del Laboratorio de Hidráulica.

2. SISTEMA DE FUNDACIÓN. La estructura de fundación estará constituida por zapatas con vigas de conexión.

Estas profundidades guardan concordancia con la condición Df/B≤ 5, del Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.6 CAPACIDAD DE CARGA

Para determinar la capacidad de carga (qc), se ha utilizado la ecuación general desarrollada por el Dr Von Terzaghi y Meyerhof. Esta ecuación para cimentaciones corridas o con zapatas rectangulares se muestra a continuación:

$$q_d = \frac{2}{3}.C.N'_c + \gamma_1.D_f.N_q + 0.5.\gamma_1.B.N'.\gamma_2$$

Los diferentes valores seleccionados y determinados, tanto el ángulo de fricción, la cohesión, así como los factores de capacidad de carga, etc. Son los que se mencionan en el apartado de resultados, con los que la capacidad de carga resulta 81.72ton/m2 o 8.17kg/cm2 con una profundidad de fundación de – 200 – 2.50m.

2.7 CARGA O PRESIÓN ADMISIBLE (QA)

La presión admisible del suelo es la afra o valor que se utiliza para dimensionar las cimentaciones de las diferentes estructuras del proyecto. Se determina multiplicando la capacidad de carga por el Factor de Seguridad.

De acuerdo a las experiencias significativas con que se cuenta, la Sierra y particularmente en el Cusco, recomendamos que el Factor de Seguridad para nuestro caso sea de Fs=1/3.5

Teniendo en cuenta los resultados del acápite anterior y considerando un Fs adecuado para nuestra zona la Carga Admisible resulta 2.34 kg/cm2.

2.8 ASPECTOS DE CARACTETER SÍSMICO

La zona donde se emplaza el Proyecto, que es materia del presente Estudio de Suelos, está comprendida dentro del área geográfica que corresponde a la calificación de “Sismicidad Alta”. Perteneciendo a la Zona 2 del mapa Sísmico Nacional.

Hasta el momento se han registrado sismos de consideración como el 31 de marzo de 1660 de 7.5 grados escala de Ritcher, el 4 de noviembre de 1913, 30 de enero de 1943 de grado 7 en Yanaoca, 21 de mayo1950 de grado 7, 6 de abril de 1986 de grado 6 y de gran duración en la escala de Ritcher.

Las consecuencias más visibles se han registrado en la ciudad de Cusco.

De acuerdo a la Zonificación Sísmica del Perú, establecido en la Norma de Diseño Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones en el ANEXO II (zonificación sísmica), la Región Cusco se encuentra en las Zonas 2 y 3.

Ilustración 1: *Mapa de zonificación sísmica del Perú*



Elaboración: *Fuente: RNE, Norma E.030*

De acuerdo al emplazamiento de la estructura proyectada se encuentra ubicada en la Zona 2, respecto al Mapa de Zonificación Sísmica (ilustración anterior); y considerando los Factores de Zona, referidos en la figura, le corresponde una sismicidad media y un factor de zona Z=0.25 g., tal como se detalla a continuación:

ZONA	Z
2	0.25

Desarrollado según lo establecido en la Norma de Diseño Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones en el ANEXO I (procedimiento sugerido para las acciones sísmicas – etapa 1).

La Tabla N.º 2 de la norma E-030 resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo:

Tabla Nº 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_u$
S_0	> 1500 m/s	-	-
S_1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

En la siguiente tabla se resumen la clasificación del perfil del suelo realizada según los ensayos realizados en laboratorio y en campo en cada punto y estrato explorado.

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los períodos TP y TL dados en las Tablas Nº 3 y Nº 4 de la norma E-030. Parámetros de Suelo:

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO / ZONA	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla N° 4 PERÍODOS "T_P" Y "T_L"				
	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_P(s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L(s)	3,0	2,5	2,0	1,6

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$\boldsymbol{T < Tp\ C = 2.5}$ $(C = factor\ de\ amplificación\ sismica)$

$\boldsymbol{Tp < T < TL\ C = 2.5\ x\ Tp\ /T}$; $(C = factor\ de\ amplificación\ sismica)$

$\boldsymbol{T > TL\ C = 2.5\ x\ Tp \times TL\ /T}$^2 ; $(C = factor\ de\ amplificación\ sismica)$

T es el período de acuerdo al numeral 4.5.4, concordado con el numeral 4.6.1. Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

Respecto a los Parámetros del Suelo, referidos en la Tabla N° 2 (Norma de Diseño Sismo Resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE E-030), al suelo de cimentación de la estructura proyectada en estudio le corresponde un perfil de suelo Tipo S2 (Suelos Intermedios), con un periodo Tp(s) = 0.6 seg. y Factor de Suelo 1.2 con un Factor de Amplificación Sísmica C = 2.5; tal como se detalla a continuación:

Cuadro 1: *Parámetros de diseño.*

Tipo	Descripció	Tp	TL	S
S2	Suelos	0.6	2.0	1.2

Elaboración: *Equipo Técnico.*

CAPITULO III

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1 La carga y presión Admisible (qa) para una profundidad (Df) establecida entre 2.00 – 2.50m resulta 2.34 kg/cm2

2 En vista que el NPT de la losa estará a -2.50m del nivel de vereda, quedando el corte en tierra, se recomienda construir un muro de contención debidamente reforzada alrededor.

3 Durante los trabajos de excavación de las zanjas para las cimentaciones, es recomendable se realicen las verificaciones de las condiciones de los suelos de fundación.

En caso se halle alguna diferencia con los datos informados en la Memoria Descriptiva, es posible realizar algún reajuste, si el caso lo amerite. Esta recomendación se formula en vista que el suelo de Cusco y la región de la Sierra es errática, es decir, la correlación estratigráfica no es uniforme Y a veces varía drásticamente.

4 se ha verificado que los diferentes tipos de suelos estudiados, no presentan características de agresividad contra el concreto de cemento Pórtland, por 10 cual no es necesario utilizar algún aditivo.

5 Los valores determinados en el presente Estudio de Mecánica de Suelos son sólo válidos para el área de los terrenos estudiados.

4 PANEL FOTOGRÁFICO

1. METODO DEL CONO DE ARENA - NTP 339.143



Fotografía 1: Ensayo de Cono de Arena

2. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%) - NTP 339.127



Fotografía 2: Ensayo de Contenido de humedad

3. ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA: LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129



Fotografía 3: Ensayo de Límites de consistencia

4. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO



Fotografía 4: Ensayo de Análisis Granulométrico

5 RESULTADOS

INFORMES DE ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Nro	ENSAYO	NORMA	CANTIDAD
01	Densidad de campo – Cono De Arena	NTP 339.143	02
02	Análisis granulométrico de suelos por tamizado.	NTP 339.128	02
03	Determinar el contenido de humedad de un suelo.	NTP 339.127	04
04	Determinar el límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de suelos.	NTP 339.129	08

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE DENSIDAD IN SITU

METODO DEL CONO DE ARENA - NTP 339.143

TESIS : "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

UBICACIÓN : AV. DE LA CULTURA 773 - CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC

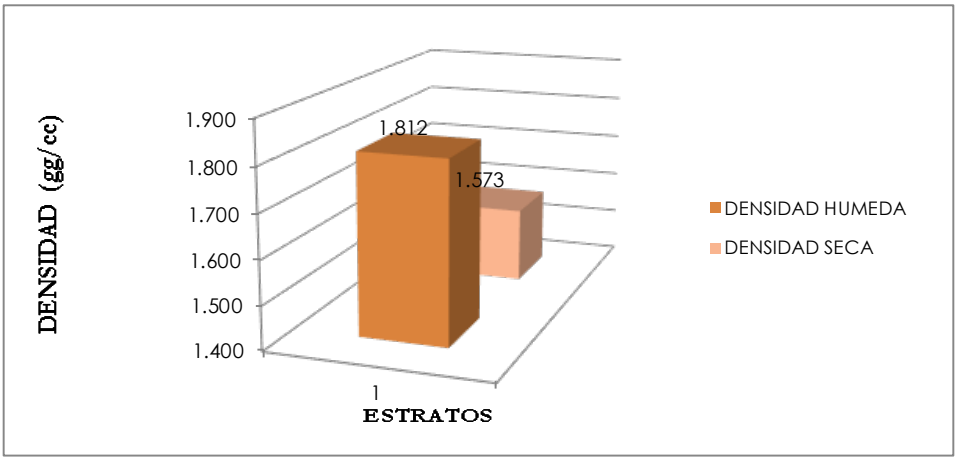
SOLICITANTES : BACH. VICTOR ERNESTO HANCCO PALOMINO

: BACH. MARIO ISAAC CHULLO FRANCO

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01

CALICATA C-01		
CARACTERISTICAS		M-1
PROFUNDIDAD (m)		**3.20**
Peso de la muestra Humeda + Lata	**g**	3,445.0
Peso de la lata	**g**	0.0
Peso de la muestra humeda neta	**g**	3,445.0
Peso de la Arena + frasco	**g**	7,390.0
Peso de la Arena q' queda en frasco	**g**	2,750.0
Peso de la Arena en el embudo	**g/cc**	1,750.0
Peso de la Arena en el hoyo	**cc**	2890.00
Densidad de la Arena	**g/cc.**	1.52
Volumen del hoyo	**cc.**	1901.32
Humedad	**(%)**	15.22
DESIDAD HUMEDA	**g/cc**	**1.812**
DENSIDAD SECA	**g/cc**	**1.573**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE DENSIDAD IN SITU

METODO DEL CONO DE ARENA - NTP 339.143

TESIS : "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

UBICACIÓN : AV. DE LA CULTURA 773 - CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC

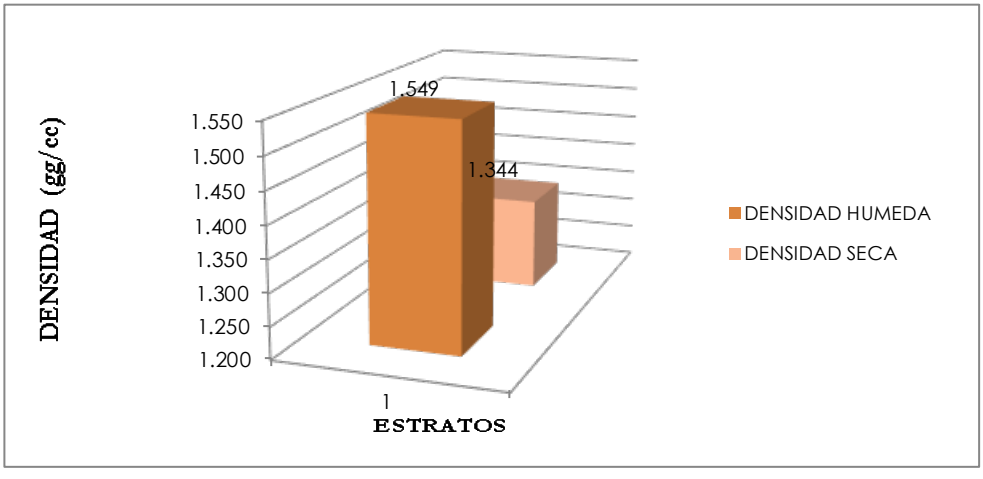
SOLICITANTES : BACH. VICTOR ERNESTO HANCCO PALOMINO

: BACH. MARIO ISAAC CHULLO FRANCO

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 02

CALICATA C-02		
CARACTERISTICAS		M-1
PROFUNDIDAD (m)		**3.20**
Peso de la muestra Humeda + Lata	**gr**	3,181.0
Peso de la lata	**gr**	0.0
Peso de la muestra humeda neta	**gr**	3,181.0
Peso de la Arena + frasco	**gr**	7,320.0
Peso de la Arena q' queda en frasco	**gr**	2,448.0
Peso de la Arena en el embudo	**gr/cc**	1,750.0
Peso de la Arena en el hoyo	**cc**	3122.00
Densidad de la Arena	**gr/cc.**	1.52
Volumen del hoyo	**cc.**	2053.95
Humedad	**(%)**	15.19
DESIDAD HUMEDA	**gr/cc**	**1.549**
DENSIDAD SECA	**gr/cc**	**1.344**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%) - ASTM D 2216

TESIS : SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024

UBICACIÓN : AV. LA CULTURA 773 - CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC

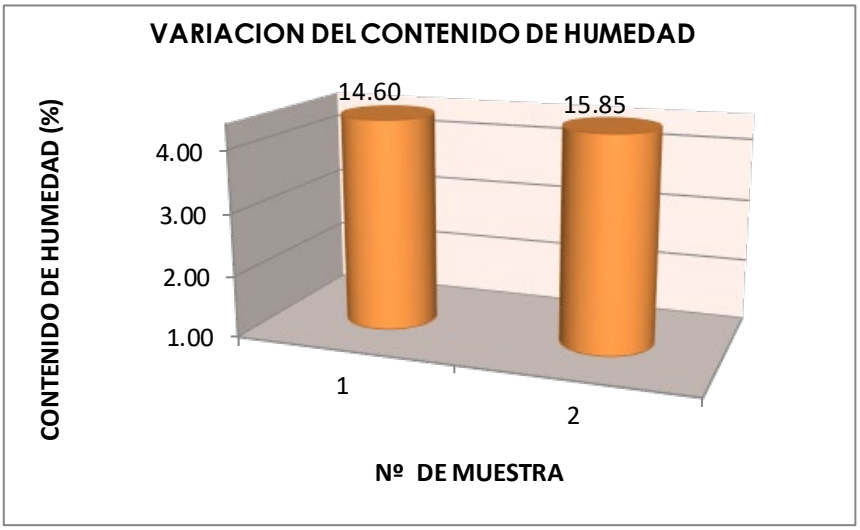
SOLICITANTE : BACH. VICTOR ERNESTO HANCCO PALOMINO

: BACH. MARIO ISAAC CHULLO FRANCO

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01

CALICATA C-01			
CARACTERISTICAS		**M - 01**	**M - 02**
RECIPIENTE (N°)		**01**	**02**
1. Peso de recipiente	g	58.42	58.90
2. Peso recipiente + muestra húme	g	89.42	85.00
3. Peso recipiente + muestra seca	g	85.47	81.43
4. Peso de agua	cc	3.95	3.57
5. Peso de la muestra seca neta	g	27.05	22.53
6. Contenido de humedad	%	14.60	15.85
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		**15.22**	

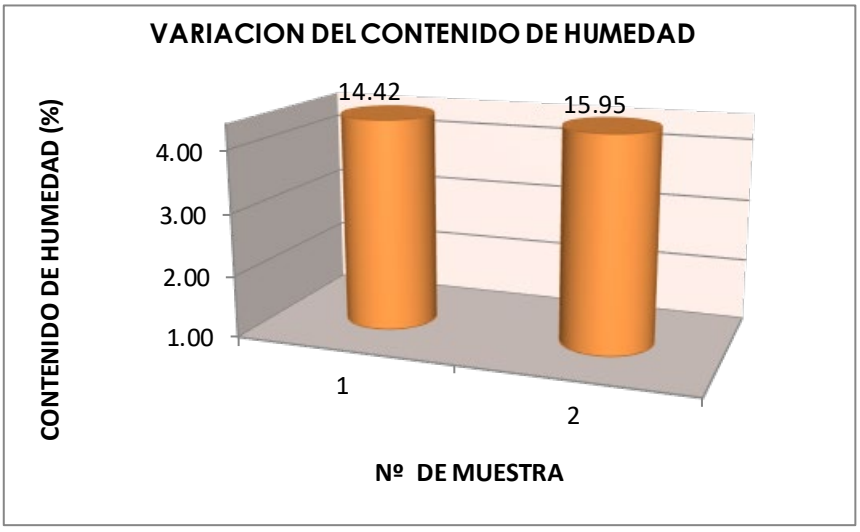


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%) - ASTM D 2216

TESIS : SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024
UBICACIÓN : AV. LA CULTURA 773 - CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC
SOLICITANTE : BACH. VICTOR ERNESTO HANCCO PALOMINO
: BACH. MARIO ISAAC CHULLO FRANCO
FECHA : AGOSTO DEL 2024
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 02

CALICATA C-02			
CARACTERISTICAS		**M - 01**	**M - 02**
RECIPIENTE (N°)		**01**	**02**
1. Peso de recipiente	g	56.33	58.55
2. Peso recipiente + muestra húme	g	86.32	87.99
3. Peso recipiente + muestra seca	g	82.54	83.94
4. Peso de agua	cc	3.78	4.05
5. Peso de la muestra seca neta	g	26.21	25.39
6. Contenido de humedad	%	14.42	15.95
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		**15.19**	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA
LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129

TESIS : "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

UBICACIÓN : AV. DE LA CULTURA 773 - CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC

SOLICITANTES : BACH. VICTOR ERNESTO HANCCO PALOMINO

: BACH. MARIO ISAAC CHULLO FRANCO

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01

1. LIMITE LÍQUIDO

Cápsula N°	402	203	14	55
Número de golpes	34	27	19	16
Peso de cápsula (gr)	41.12	41.55	41.01	40.33
P. cap+suelo húmedo(gr)	51.11	53.93	53.28	54.26
P.cap+suelo seco (gr)	48.75	50.98	50.27	50.65
Humedad, ω (%)	**30.93%**	**31.28%**	**32.51%**	**34.98%**

2. LIMITE PLÁSTICO

CAPSULA Nº	203	M2
Peso de cápsula (gr)	40.82	40.08
P. cap+suelo húmedo(gr)	47.81	49.30
P.cap+suelo seco (gr)	46.91	48.12
Humedad, ω (%)	**14.78%**	**14.68%**

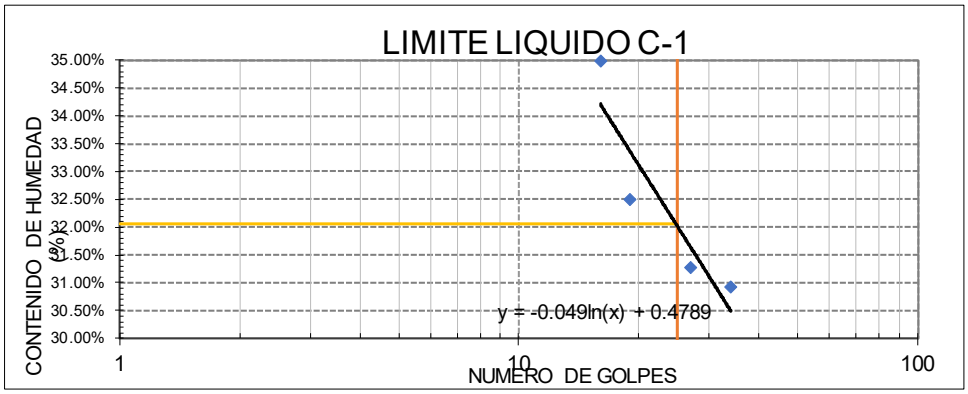
IP	DESCRIPCION
0-3	No Plastico
3-15	Ligeramente Plastico
15-30	Baja Plasticidad
>30	Alta Plasticidad

3. RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO (%)	32.07%
LIMITE PLASTICO (%)	14.73%
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	17.34%

OBSERVACIONES

Ensayo efectuado al material pasante a la malla #40
La muestra se realizó en la copa de Casagrande
El suelo presenta baja plasticidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA
LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129

TESIS : "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

UBICACIÓN : AV. DE LA CULTURA 773 - CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC

SOLICITANTES : BACH. VICTOR ERNESTO HANCCO PALOMINO

: BACH. MARIO ISAAC CHULLO FRANCO

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 02

1. LIMITE LÍQUIDO

Cápsula N°	F-3	C-2	2	302
Número de golpes	34	27	19	16
Peso de cápsula (gr)	58.55	58.78	58.19	58.62
P. cap+suelo húmedo(gr)	93.87	92.91	98.66	88.53
P.cap+suelo seco (gr)	85.75	84.92	88.45	80.80
Humedad, ω (%)	**29.85%**	**30.57%**	**33.74%**	**34.85%**

2. LIMITE PLÁSTICO

CAPSULA Nº	AG2	2
Peso de cápsula (gr)	58.62	58.19
P. cap+suelo húmedo(gr)	65.10	65.15
P.cap+suelo seco (gr)	64.02	64.13
Humedad, ω (%)	**20.00%**	**17.17%**

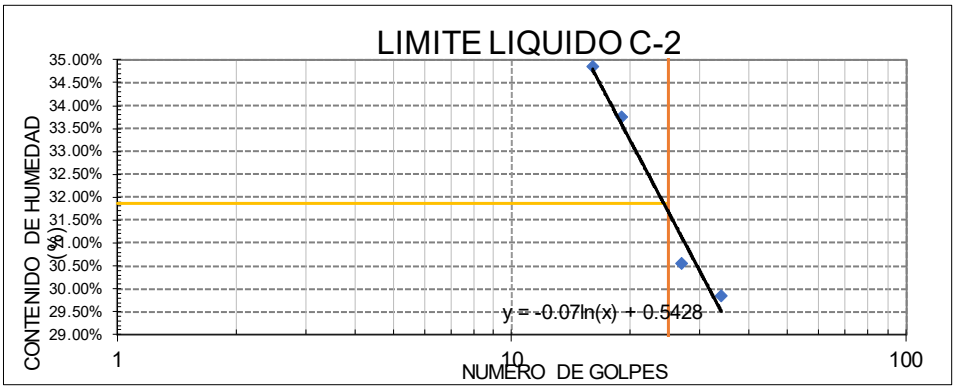
IP	DESCRIPCION
0-3	No Plastico
3-15	Ligeramente Plastico
15-30	Baja Plasticidad
>30	Alta Plasticidad

3. RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO (%)	**31.87%**
LIMITE PLASTICO (%)	**18.59%**
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	**13.29%**

OBSERVACIONES

Ensayo efectuado al material pasante a la malla #40
La muestra se realizó en la copa de Casagrande
El suelo es ligeramente plastico



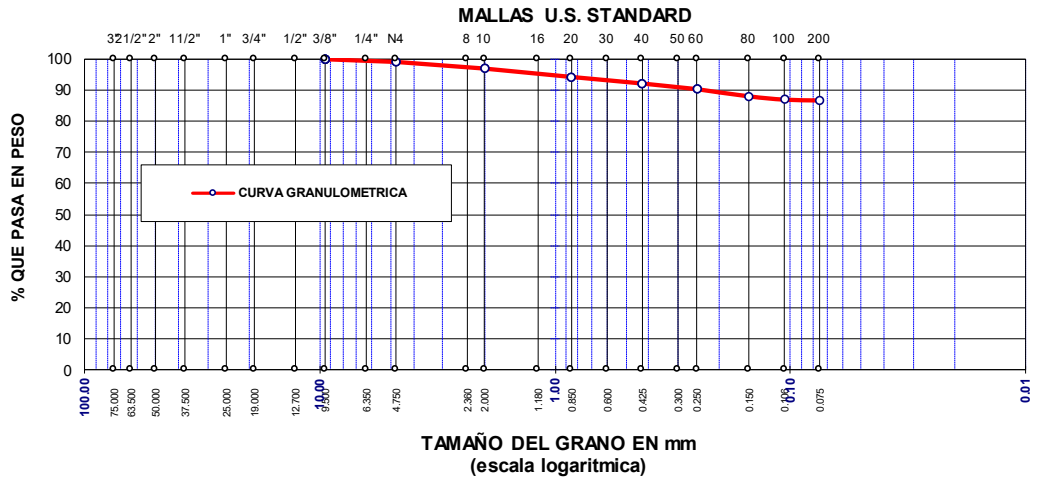
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D 422

TESIS : SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024
UBICACIÓN : AV. LA CULTURA 773 - CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC
SOLICITANTE : BACH. VICTOR ERNESTO HANCCO PALOMINO
: BACH. MARIO ISAAC CHULLO FRANCO
FECHA : AGOSTO DEL 2024
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	MATERIAL OBTENIDO		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000							**CALICATA Nº 01**
2 1/2"	63.500							
2"	50.000					GRAVA GRUESA	GRAVA	Profundidad = 3.20 m.
1 1/2"	37.500							Datos de Ensayo:
1"	25.000							P. S. Seco: 1045.03 g
3/4"	19.000							P. S. L. Seco: 138.52 g
1/2"	12.700					GRAVA FINA		Per. Lav: 906.51 g
3/8"	9.500	1.61	0.15	0.15	99.85			
1/4"	6.350							Datos para Clasificación:
No4	4.750	8.93	0.85	1.01	98.99	ARENA GRUESA	ARENA	TMN 3/8"
No8	2.360							% P. malla N°4 98.99 %
No10	2.000	22.04	2.11	3.12	96.88			% P. malla N°40 92.12 %
No16	1.180					ARENA MEDIA		% P. malla N°200 86.74 %
No20	0.850	27.99	2.68	5.80	94.20			
No30	0.600							
No40	0.425	21.74	2.08	7.88	92.12			
No 50	0.300							
No60	0.250	18.63	1.78	9.66	90.34	ARENA FINA		
No100	0.150	24.01	2.30	11.96	88.04			
No140	0.106	10.95	1.05	13.00	87.00			
No200	0.075	2.69	0.26	13.26	86.74			
BASE		906.44	86.74	100.00	**0.00**	**LIMOS**		
TOTAL		1045.03	100.00					

CURVA GRANULOMETRICA



D10	0.01
D30	0.03
D60	0.05
Cu	5.00
Cc	1.80

L.L	32.07
L.P	14.73
I.P	17.34

Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(14)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D 422

TESIS : SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024
UBICACIÓN : AV. LA CULTURA 773 - CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC
SOLICITANTE : BACH. VICTOR ERNESTO HANCCO PALOMINO
: BACH. MARIO ISAAC CHULLO FRANCO
FECHA : AGOSTO DEL 2024
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	MATERIAL OBTENIDO	
3"	75.000						
2 1/2"	63.500					GRAVA GRUESA	GRAVA
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.700					GRAVA FINA	
3/8"	9.500	1.12	0.11	0.11	99.89		
1/4"	6.350						
No4	4.750	8.60	0.84	0.95	99.05	ARENA GRUESA	ARENA
No8	2.360						
No10	2.000	14.19	1.38	2.33	97.67		
No16	1.180					ARENA MEDIA	
No20	0.850	17.34	1.69	4.02	95.98		
No30	0.600						
No40	0.425	13.23	1.29	5.31	94.69		
No 50	0.300						
No60	0.250	8.83	0.86	6.17	93.83	ARENA FINA	
No100	0.150	8.46	0.82	6.99	93.01		
No140	0.106	3.84	0.37	7.37	92.63		
No200	0.075	1.77	0.17	7.54	92.46		
BASE		948.85	92.46	100.00	0.00	LIMOS	
TOTAL		1026.23	100.00				

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

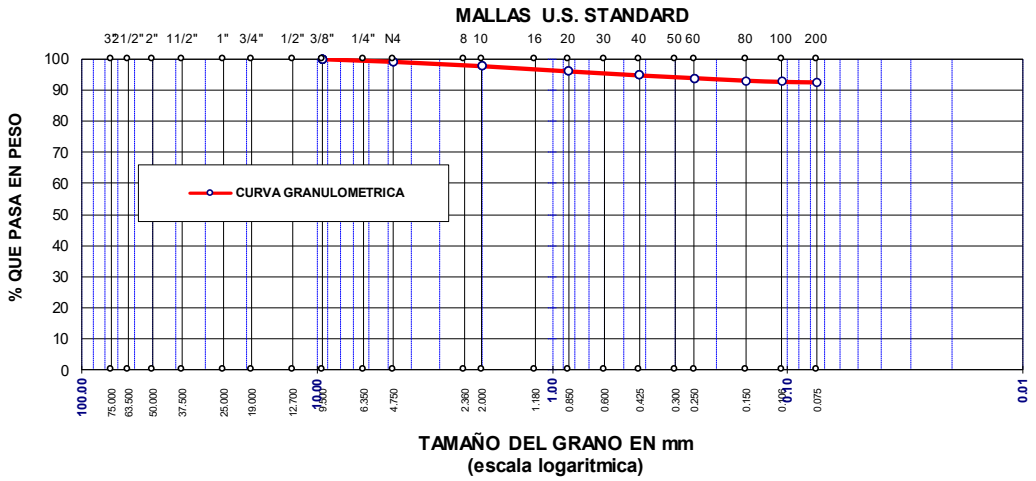
CALICATA Nº 02

Profundidad = 3.20 m.
Datos de Ensayo:
P. S. Seco: 1026.23 g
P. S. L. Seco: 77.12 g
Per. Lav: 949.11 g

Datos para Clasificación:

	TMN 3/8"	
% P. malla N°4	99.05	%
% P. malla N°40	94.69	%
% P. malla N°200	92.46	%

CURVA GRANULOMETRICA



D10	0.01
D30	0.02
D60	0.05
Cu	5.00
Cc	0.80

L.L	31.87
L.P	18.59
I.P	13.28

Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(12)

ANEXO 2.4:
ESTUDIO PLUVIAL

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: ESTUDIO PLUVIAL 2

1.1. Metodo IILA 2

1.2. Determinación de Intensidades Generadas por el Método IILA: 6

1.2.1. Revisión y análisis de registros pluviométricos. 6

1.2.2. Análisis estadístico de la precipitación máxima 24 horas. 7

1.2.3. Prueba de bondad de ajuste 17

1.2.4. Precipitaciones máximas anuales 17

1.2.5. Aplicación del Metodo IILA y la generación de intensidades. 18

Índice de tablas

Tabla 1 Precipitación máxima 24 horas. 6
Tabla 2 *Ajuste de datos a una distribución Normal* 8
Tabla 3 *Ajuste de datos a una distribución Log Normal 2 parámetros* 9
Tabla 4 *Ajuste de datos una distribución Gamma 2 parámetros* 10
Tabla 5 *Ajuste de datos a una distribución Gamma 3 parámetros.* 12
Tabla 6 *Ajuste de datos a una distribución Log Pearson tipo III* 13
Tabla 7 *Ajuste de datos a una distribución Gumbel* 14
Tabla 8 *Ajuste de datos a una distribución Log Gumbel.* 15
Tabla 9 *Prueba de Smirnov – Kolmogorov para las precipitaciones máximas 24 horas.* 17
Tabla 10 *Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno T.* 17
Tabla 11 *Parámetros, según ubicación en la región pluviométrica* 18
Tabla 12 *Coeficientes regionales para determinar las precipitaciones e intensidades para la zona de estudio.* 18
Tabla 13 *Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno y diferentes duraciones* 20
Tabla 14 *Intensidades para diferentes periodos de retorno y diferentes duraciones* 21

Índice de figuras

Figura 1 *Curvas IDF realizado con el método ILLA* 23

CAPÍTULO 1: ESTUDIO PLUVIAL

1.1. Metodo IILA

El "Estudio de la Hidrología en el Perú", que surgió de la Cooperación Técnica entre el Instituto Italo-Latinoamericano (IILA), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), el cual entre sus múltiples usos, permite determinar los máximos anuales de altura e intensidades de lluvia en todo el Perú, para lo cual subdividió al país en 7 zonas y 38 sub zonas pluviométricas teniendo como fundamento de la investigación la climatología en el país, las alturas de lluvia anual, así como las alturas de lluvia máxima diaria, en periodos de observaciones más o menos largos otorgadas por las 1377 estaciones meteorológicas que en ese entonces se tenía instaladas en todo el país.(Esquen y Rodríguez, 2016, pág. 42)

El Manual de Hidrologia, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013), indica que, son limitadas las estaciones que ofrecen información automatizada de registros pluviales, por Jo que existe bastante dispersión en los datos. Con el método IILA, la intensidad de lluvia que tiene una duración t (en horas), para un periodo de retorno T (en años), es:

$$i_{t,T} = a(1 + KlogT)t^{n-1}$$

Y la precipitación $P_{t,T}$ tiene la siguiente relación:

$$P_{t,T} = a(1 + KlogT)t^{n}$$

Según la metodología empleada las fórmulas son válidas para $3 \leq t \leq 24$ horas.

Las constantes a, b, K y n fueron determinadas en el "Estudio de la Hidrología del Perú" realizado por el convenio IILA-SENAMHI-UNI (Plano n.2-C), 1983.

Además, el Reglamento Nacional de Edificaciones (2006), define como un método alternativo para la generación de curvas Intensidad - Duración – Frecuencia (IDF), lo siguiente:

Para $t < 3$ horas se usa:

$$i_{t,T} = a(1 + KlogT)(t + b)^{n-1}$$

Donde:

I = intensidad de la lluvia (mm/hora).

a = parámetro de intensidad (mm).

K = parámetro de frecuencia (adimensional).

T = periodo de retorno (años).

t = duración de lluvia (hora).

b = parámetro, factor de aumento de duración de lluvia (hora).

b = 0.5 horas (Costa, centro y sur)

b = 0.4 horas (Sierra)

b = 0.2 horas (Costa norte y Selva)

n = parámetro de duración (adimensional).

Según el Estudio de la Hidrología del Perú (IILA - SENAMHI - UNI), los coeficientes regionales de cada zona pluviométrica, se definen de la siguiente manera:

Tabla 2 Coeficientes regionales para determinar precipitaciones e intensidades.

PRECIPITACIÓN	INTENSIDAD
$P_t/P_{24hr} = ((t+b)/24)^n$	$I_t/I_{24hr} = ((t+b)/24)^{(n-1)}$
$P_t/P_{24hr} = (t/24)^n, para\ t > 3hr$	$I_t/I_{24hr} = (t/24)^{(n-1)}, para\ t > 3hr$

Fuente: Elaboración propia

El siguiente plano muestra la Subdivisión el territorio en Zonas y Sub Zonas pluviométricas



Figura 11 Zonas y subzonas pluviométricas

Fuente: “Reglamento Nacional de Edificaciones, OS. 060 Drenaje pluvial Urbano” (2006, p. 76)

Tabla 3 subdivisión del territorio en zonas y subzonas pluviométricas y valores de los parámetros K'_g y ε_g

ZONA	K'_g	Subzona	ε_g		
123	$K'_g = 0{,}553$	123_1	$\varepsilon_g =$	85,0	
		123_2	$\varepsilon_g =$	75,0	
		123_3	$\varepsilon_g =$	100 – 0,022 Y	
		123_4	$\varepsilon_g =$	70 – 0,019 Y	
		123_5	$\varepsilon_g =$	24,0	
		123_6	$\varepsilon_g =$	30,5	
		123_7	$\varepsilon_g =$	-2 + 0,006 Y	
		123^8	$\varepsilon_g =$	26,6	
		123_9	$\varepsilon_g =$	23,3	
		123_{10}	$\varepsilon_g =$	6 + 0,005 Y	
		123_{11}	$\varepsilon_g =$	1+ 0,005 Y	
		123_{12}	$\varepsilon_g =$	75,0	
		123_{13}	$\varepsilon_g =$	70	
4	$K'_g = 0{,}861$	4_1	$\varepsilon_g =$	20	
5a	$K'_g = 11.\varepsilon_g^{-0,85}$	5 a_1	$\varepsilon_g =$	-7,6 + 0,006 Y	(Y > 2300)
		5 a_2	$\varepsilon_g =$	32 – 0,177 D_c	
		5 a_3	$\varepsilon_g =$	-13 + 0,010 Y	(Y > 2300)
		5 a_4	$\varepsilon_g =$	3,8 + 0,0053 Y	(Y > 1500)
		5 a_5	$\varepsilon_g =$	-6 + 0,007 Y	(Y > 2300)
		5 a_6	$\varepsilon_g =$	1,4 + 0,0067	
		5 a_7	$\varepsilon_g =$	-2 + 0,007 Y	(Y > 2000)
		5 a_8	$\varepsilon_g =$	24 + 0,0025 Y	
		5 a_9	$\varepsilon_g =$	9,4 + 0,0067 Y	
		5 a_{10}	$\varepsilon_g =$	18,8 + 0,0028 Y	
		5 a_{11}	$\varepsilon_g =$	32,4 + 0,004 Y	
		5 a_{12}	$\varepsilon_g =$	19,0 + 0,005 Y	
		5 a_{13}	$\varepsilon_g =$	23,0 + 0,0143 Y	
		5 a_{14}	$\varepsilon_g =$	4,0 + 0,010 Y	
5b	$K'_g = 130.\ \varepsilon_g^{-1,4}$	5 b_1	$\varepsilon_g =$	4 + 0,010	(Y > 1000)
		5 b_2	$\varepsilon_g =$	41,0	
		5 b_3	$\varepsilon_g =$	23,0 + 0,143 Y	
		5 b_4	$\varepsilon_g =$	32,4 + 0,004 Y	
		5 b_5	$\varepsilon_g =$	9,4 + 0,0067 Y	
6	$K'_g = 5{,}4\ .\ \varepsilon_g^{-0,6}$	6_1	$\varepsilon_g =$	30 – 0,50 D_c	
9	$K'_g = 22{,}5\ .\ \varepsilon_g^{-0,85}$	9_1	$\varepsilon_g =$	61,5	
		9_2	$\varepsilon_g =$	-4,5 + 0,323 D_m	($30 \le D_m \le 110$)
		9_3	$\varepsilon_g =$	31 + 0,475(D_m - 110)	($D_m \le 110$)
10	$K'_g = 1{,}45$	10_1	$\varepsilon_g =$	12,5 + 0,95 D_m	

Fuente: "Reglamento Nacional de Edificaciones, OS. 060 Drenaje Pluvial Urbano" (2006, p. 77).

Y: Altitud en msnm.

Dc: Distancia a la cordillera en km.

Dm: Distancia al mar en km.

SUBZONA	ESTACION	N° TOTAL DE ESTACIONES	VALOR DE n	VALOR DE a
$I23_1$	321-385	2	0,357	32,2
$I23_3$	384-787-805	3	0,405	a = 37,85 – 0,0083 Y
$I23_{13}$	244-193	2	0,432	
$I23_5$	850-903	2	0,353	9,2
$I23_6$	840-913-918 958	4	0,380	11
$I23_8$	654-674-679 709-713-714 732-745-752	9	0,232	14,0
$I23_9$	769	1	0,242	12,1
$I23_{10}$	446-557-594 653-672-696 708-711-712 715-717-724 757-773	14	0,254	a = 3,01+ 0,0025 Y
$I23_{11}$	508-667-719 750-771	5	0,286	a = 0,46+ 0,0023 Y
$5\ a_2$	935-968	2	0,301	$a = 14,1 – 0,078\ D_c$
$5\ a_5$	559	1	0,303	a = -2,6 + 0,0031 Y
$5\ a_{10}$	248	1	0,434	a = 5,80 + 0,0009 Y

1.2. Determinación de Intensidades Generadas por el Método IILA:

1.2.1. Revisión y análisis de registros pluviométricos.

De acuerdo a la revisión de los registros pluviométricos históricos del Observatorio meteorológico “Luis Olazo Olivera” tales registros anuales se muestran en el anexo, y es así que se llega al siguiente resumen de precipitaciones máximas 24 horas:

Tabla 75 Precipitación máxima 24 horas.

Tabla 1
Precipitación máxima 24 horas.

N°	AÑO	Pmax. 24 hr
1	1963	29.6
2	1964	21.6
3	1965	32.4
4	1966	32.6
5	1967	20.8
6	1968	35.5
7	1969	33.2
8	1970	38.2

9	1971	24.2
10	1972	35.6
11	1973	36.3
12	1974	42.5
13	1975	33.3
14	1976	34.2
15	1977	95.2
16	1978	39.7
17	1979	35.1
18	1980	39
19	1981	45
20	1982	40
21	1984	27.8
22	1985	73.3
23	1986	27
24	1987	37.2
25	1988	38.2
26	1989	38.6
27	1990	59
28	1991	55.2
29	1992	37
30	1993	40.2
31	1994	37.5
32	1995	32.6
33	1996	20.7
34	1997	29.5
35	1998	44
36	1999	30.5
37	2000	36.3
38	2001	28
39	2002	29.5
40	2003	42.8
41	2004	22.9
42	2005	25.5
43	2014	30.5
44	2015	35
45	2016	22.6
46	2017	30.3

Fuente: Elaboración propia.

1.2.2. Análisis estadístico de la precipitación máxima 24 horas.

Se lleva a cabo el análisis de frecuencias de las precipitaciones máximas de 24 horas, ajustando a cada una de las distribuciones teóricas de probabilidad: Normal, Log Normal 2 parámetros, Gamma 2 parámetros, Gamma 3 parámetros, Log Pearson tipo III, Gumbel y Log

Gumbel. El ajuste de datos, se realiza con el apoyo del software hidrológico “HidroEsta 2”, cuyos resultados se muestran a continuación:

a. Ajuste de precipitaciones máximas 24 horas a una distribución Normal

Tabla 2
Ajuste de datos a una distribución Normal

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mon Lineal	Delta
1	20.7	0.021	0.117	0.077	0.0957
2	20.8	0.043	0.119	0.078	0.0759
3	21.6	0.064	0.131	0.090	0.0671
4	22.6	0.085	0.148	0.105	0.0626
5	22.9	0.106	0.153	0.110	0.0466
6	24.2	0.128	0.177	0.134	0.0497
7	25.5	0.149	0.204	0.161	0.0552
8	27.0	0.170	0.238	0.197	0.0675
9	27.8	0.192	0.257	0.217	0.0654
10	28.0	0.213	0.262	0.223	0.0490
11	29.5	0.234	0.300	0.265	0.0660
12	29.5	0.255	0.300	0.265	0.0447
13	29.6	0.277	0.303	0.268	0.0261
14	30.3	0.298	0.321	0.289	0.0235
15	30.5	0.319	0.327	0.296	0.0077
16	30.5	0.340	0.327	0.296	0.0136
17	32.4	0.362	0.380	0.358	0.0185
18	32.6	0.383	0.386	0.364	0.0030
19	32.6	0.404	0.386	0.364	0.0182
20	33.2	0.426	0.404	0.385	0.0220
21	33.3	0.447	0.406	0.388	0.0404
22	34.2	0.468	0.433	0.420	0.0350
23	35.0	0.489	0.457	0.449	0.0324
24	35.1	0.511	0.460	0.452	0.0507
25	35.5	0.532	0.472	0.467	0.0599
26	35.6	0.553	0.475	0.470	0.0782
27	36.3	0.575	0.496	0.495	0.0783
28	36.3	0.596	0.496	0.495	0.0996
29	37.0	0.617	0.517	0.521	0.0998
30	37.2	0.638	0.523	0.528	0.1150
31	37.5	0.660	0.532	0.539	0.1273
32	38.2	0.681	0.553	0.564	0.1275
33	38.2	0.702	0.553	0.564	0.1488
34	38.6	0.723	0.565	0.578	0.1581
35	39.0	0.745	0.577	0.592	0.1675
36	39.7	0.766	0.598	0.617	0.1682
37	40.0	0.787	0.607	0.627	0.1807

38	40.2	0.809	0.612	0.634	0.1962
39	42.5	0.830	0.677	0.709	0.1527
40	42.8	0.851	0.685	0.718	0.1659
41	44.0	0.872	0.717	0.754	0.1557
42	45.0	0.894	0.742	0.781	0.1519
43	55.2	0.915	0.922	0.956	0.0074
44	59.0	0.936	0.956	0.980	0.0200
45	73.3	0.957	0.997	1.000	0.0399
46	95.2	0.979	1.000	1.000	0.0213

Fuente: Elaboración propia.

Como el delta teórico 0.1962, es menor que el delta tabular 0.2005. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significancia del 5%.

b. Ajuste de precipitaciones máximas 24 horas a una distribución Log Normal 2 A parámetros

Tabla 3
Ajuste de datos a una distribución Log Normal 2 parámetros

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mon Lineal	Delta
1	20.7	0.0213	0.0425	0.0347	0.0212
2	20.8	0.0426	0.0440	0.0360	0.0014
3	21.6	0.0638	0.0570	0.0478	0.0068
4	22.6	0.0851	0.0764	0.0659	0.0087
5	22.9	0.1064	0.0829	0.0720	0.0235
6	24.2	0.1277	0.1148	0.1026	0.0129
7	25.5	0.1489	0.1522	0.1394	0.0032
8	27.0	0.1702	0.2014	0.1889	0.0312
9	27.8	0.1915	0.2299	0.2179	0.0384
10	28.0	0.2128	0.2372	0.2254	0.0245
11	29.5	0.2340	0.2942	0.2841	0.0601
12	29.5	0.2553	0.2942	0.2841	0.0388
13	29.6	0.2766	0.2981	0.2882	0.0215
14	30.3	0.2979	0.3256	0.3169	0.0278
15	30.5	0.3191	0.3336	0.3251	0.0144
16	30.5	0.3404	0.3336	0.3251	0.0069
17	32.4	0.3617	0.4096	0.4048	0.0479
18	32.6	0.3830	0.4176	0.4132	0.0346
19	32.6	0.4043	0.4176	0.4132	0.0133
20	33.2	0.4255	0.4415	0.4383	0.0159
21	33.3	0.4468	0.4454	0.4425	0.0014
22	34.2	0.4681	0.4807	0.4797	0.0127

23	35.0	0.4894	0.5115	0.5121	0.0221
24	35.1	0.5106	0.5153	0.5161	0.0047
25	35.5	0.5319	0.5303	0.5320	0.0016
26	35.6	0.5532	0.5341	0.5359	0.0191
27	36.3	0.5745	0.5598	0.5630	0.0147
28	36.3	0.5957	0.5598	0.5630	0.0360
29	37.0	0.6170	0.5848	0.5893	0.0322
30	37.2	0.6383	0.5918	0.5966	0.0465
31	37.5	0.6596	0.6021	0.6075	0.0574
32	38.2	0.6809	0.6257	0.6323	0.0551
33	38.2	0.7021	0.6257	0.6323	0.0764
34	38.6	0.7234	0.6388	0.6460	0.0846
35	39.0	0.7447	0.6516	0.6594	0.0931
36	39.7	0.7660	0.6733	0.6820	0.0927
37	40.0	0.7872	0.6823	0.6914	0.1050
38	40.2	0.8085	0.6882	0.6975	0.1203
39	42.5	0.8298	0.7506	0.7620	0.0792
40	42.8	0.8511	0.7579	0.7696	0.0931
41	44.0	0.8723	0.7858	0.7981	0.0865
42	45.0	0.8936	0.8070	0.8196	0.0866
43	55.2	0.9149	0.9392	0.9487	0.0243
44	59.0	0.9362	0.9616	0.9690	0.0255
45	73.3	0.9574	0.9937	0.9957	0.0362
46	95.2	0.9787	0.9996	0.9998	0.0209

Fuente: Elaboración propia.

Como el delta teórico 0.1203, es menor que el delta tabular 0.2005. Los datos se ajustan a la distribución Log Normal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%. c. Ajuste de precipitaciones máximas 24 horas a una distribución Gamma 2 parámetros

Tabla 4
Ajuste de datos una distribución Gamma 2 parámetros

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mon Lineal	Delta
1	21	0.0213	0.0592	0.1453	0.0379
2	21	0.0426	0.0607	0.1475	0.0181
3	22	0.0638	0.0740	0.1652	0.0102
4	23	0.0851	0.0931	0.1884	0.0080
5	23	0.1064	0.0993	0.1956	0.0071
6	24	0.1277	0.1291	0.2278	0.0014
7	26	0.1489	0.1631	0.2615	0.0142
8	27	0.1702	0.2072	0.3018	0.0370
9	28	0.1915	0.2326	0.3237	0.0411

10	28	0.2128	0.2391	0.3292	0.0263
11	30	0.2340	0.2900	0.3707	0.0559
12	30	0.2553	0.2900	0.3707	0.0346
13	30	0.2766	0.2935	0.3735	0.0169
14	30	0.2979	0.3182	0.3929	0.0204
15	31	0.3191	0.3254	0.3985	0.0062
16	31	0.3404	0.3254	0.3985	0.0150
17	32	0.3617	0.3947	0.4508	0.0330
18	33	0.3830	0.4021	0.4563	0.0191
19	33	0.4043	0.4021	0.4563	0.0022
20	33	0.4255	0.4242	0.4726	0.0013
21	33	0.4468	0.4279	0.4753	0.0189
22	34	0.4681	0.4610	0.4993	0.0071
23	35	0.4894	0.4902	0.5204	0.0008
24	35	0.5106	0.4938	0.5230	0.0169
25	36	0.5319	0.5082	0.5333	0.0237
26	36	0.5532	0.5118	0.5359	0.0414
27	36	0.5745	0.5367	0.5538	0.0378
28	36	0.5957	0.5367	0.5538	0.0591
29	37	0.6170	0.5611	0.5713	0.0559
30	37	0.6383	0.5680	0.5762	0.0703
31	38	0.6596	0.5782	0.5836	0.0814
32	38	0.6809	0.6017	0.6005	0.0792
33	38	0.7021	0.6017	0.6005	0.1005
34	39	0.7234	0.6148	0.6099	0.1086
35	39	0.7447	0.6277	0.6193	0.1170
36	40	0.7660	0.6497	0.6353	0.1162
37	40	0.7872	0.6590	0.6421	0.1283
38	40	0.8085	0.6650	0.6465	0.1435
39	43	0.8298	0.7302	0.6953	0.0996
40	43	0.8511	0.7380	0.7013	0.1130
41	44	0.8723	0.7679	0.7245	0.1045
42	45	0.8936	0.7908	0.7428	0.1028
43	55	0.9149	0.9385	0.8811	0.0236
44	59	0.9362	0.9635	0.9132	0.0274
45	73	0.9574	0.9960	0.9762	0.0386
46	95	0.9787	0.9999	0.9974	0.0212

Fuente: Elaboración propia.

Como el delta teórico 0.1435, es menor que el delta tabular.0.2005. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%.

d. Ajuste de precipitaciones máximas 24 horas a una distribución Gamma 3 parámetros

Tabla 5
Ajuste de datos a una distribución Gamma 3 parámetros.

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mon Lineal	Delta
1	20.7	0.0213	0.0000	0.0000	0.0213
2	20.8	0.0426	0.0000	0.0000	0.0426
3	21.6	0.0638	0.0000	0.0000	0.0638
4	22.6	0.0851	0.0000	0.0000	0.0851
5	22.9	0.1064	0.0000	0.0000	0.1064
6	24.2	0.1277	0.0000	0.0000	0.1277
7	25.5	0.1489	0.0000	0.0000	0.1489
8	27.0	0.1702	0.0000	0.0000	0.1702
9	27.8	0.1915	0.0000	0.0000	0.1915
10	28.0	0.2128	0.0000	0.0000	0.2128
11	29.5	0.2340	0.0000	0.0000	0.2340
12	29.5	0.2553	0.0000	0.0000	0.2553
13	29.6	0.2766	0.0000	0.0000	0.2766
14	30.3	0.2979	0.0000	0.0000	0.2979
15	30.5	0.3191	0.0000	0.0000	0.3191
16	30.5	0.3404	0.0000	0.0000	0.3404
17	32.4	0.3617	0.0000	0.0000	0.3617
18	32.6	0.3830	0.0000	0.0000	0.3830
19	32.6	0.4043	0.0000	0.0000	0.4043
20	33.2	0.4255	0.0000	0.0000	0.4255
21	33.3	0.4468	0.0000	0.0000	0.4468
22	34.2	0.4681	0.0000	0.0000	0.4681
23	35.0	0.4894	0.0000	0.0000	0.4894
24	35.1	0.5106	0.0000	0.0000	0.5106
25	35.5	0.5319	0.0000	0.0000	0.5319
26	35.6	0.5532	0.0000	0.0000	0.5532
27	36.3	0.5745	0.0000	0.0000	0.5745
28	36.3	0.5957	0.0000	0.0000	0.5957
29	37.0	0.6170	0.0000	0.0000	0.6170
30	37.2	0.6383	0.0000	0.0000	0.6383
31	37.5	0.6596	0.0000	0.0000	0.6596
32	38.2	0.6809	0.0000	0.0000	0.6809
33	38.2	0.7021	0.0000	0.0000	0.7021
34	38.6	0.7234	0.0000	0.0000	0.7234
35	39.0	0.7447	0.0000	0.0000	0.7447
36	39.7	0.7660	0.0000	0.0000	0.7660
37	40.0	0.7872	0.0000	0.0000	0.7872
38	40.2	0.8085	0.0000	0.0000	0.8085
39	42.5	0.8298	0.0000	0.0000	0.8298
40	42.8	0.8511	0.0000	0.0000	0.8511
41	44.0	0.8723	0.0000	0.0000	0.8723
42	45.0	0.8936	0.0000	0.0000	0.8936
43	55.2	0.9149	0.0000	0.0000	0.9149
44	59.0	0.9362	0.0000	0.0000	0.9362

45	73.3	0.9574	0.0000	0.0000	0.9574
46	95.2	0.9787	0.0000	0.0000	0.9787

Fuente: Elaboración propia.

Los datos no se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros.

e. Ajuste de precipitación máximas 24 horas a la distribución Log Pearson tipo III

Tabla 6

Ajuste de datos a una distribución Log Pearson tipo III

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mon Lineal	Delta
1	20.7	0.0213	0.0045	0.0170	0.0168
2	20.8	0.0426	0.0052	0.0182	0.0374
3	21.6	0.0638	0.0139	0.0292	0.0499
4	22.6	0.0851	0.0330	0.0480	0.0521
5	22.9	0.1064	0.0405	0.0548	0.0659
6	24.2	0.1277	0.0821	0.0901	0.0455
7	25.5	0.1489	0.1356	0.1344	0.0133
8	27.0	0.1702	0.2066	0.1943	0.0364
9	27.8	0.1915	0.2466	0.2290	0.0551
10	28.0	0.2128	0.2567	0.2379	0.0439
11	29.5	0.2340	0.3321	0.3063	0.0981
12	29.5	0.2553	0.3321	0.3063	0.0768
13	29.6	0.2766	0.3371	0.3109	0.0605
14	30.3	0.2979	0.3716	0.3433	0.0737
15	30.5	0.3191	0.3812	0.3525	0.0621
16	30.5	0.3404	0.3812	0.3525	0.0408
17	32.4	0.3617	0.4690	0.4386	0.1073
18	32.6	0.3830	0.4778	0.4474	0.0948
19	32.6	0.4043	0.4778	0.4474	0.0735
20	33.2	0.4255	0.5033	0.4735	0.0778
21	33.3	0.4468	0.5075	0.4778	0.0607
22	34.2	0.4681	0.5438	0.5154	0.0757
23	35.0	0.4894	0.5741	0.5474	0.0847
24	35.1	0.5106	0.5777	0.5513	0.0671
25	35.5	0.5319	0.5921	0.5667	0.0602
26	35.6	0.5532	0.5957	0.5705	0.0425
27	36.3	0.5745	0.6196	0.5963	0.0451
28	36.3	0.5957	0.6196	0.5963	0.0238
29	37.0	0.6170	0.6422	0.6210	0.0252
30	37.2	0.6383	0.6484	0.6279	0.0101
31	37.5	0.6596	0.6575	0.6379	0.0020
32	38.2	0.6809	0.6780	0.6606	0.0029
33	38.2	0.7021	0.6780	0.6606	0.0241

34	38.6	0.7234	0.6891	0.6730	0.0343
35	39.0	0.7447	0.6999	0.6850	0.0448
36	39.7	0.7660	0.7178	0.7051	0.0481
37	40.0	0.7872	0.7252	0.7134	0.0621
38	40.2	0.8085	0.7300	0.7188	0.0785
39	42.5	0.8298	0.7793	0.7747	0.0505
40	42.8	0.8511	0.7850	0.7812	0.0661
41	44.0	0.8723	0.8063	0.8054	0.0661
42	45.0	0.8936	0.8223	0.8236	0.0713
43	55.2	0.9149	0.9235	0.9353	0.0086
44	59.0	0.9362	0.9430	0.9551	0.0068
45	73.3	0.9574	0.9793	0.9879	0.0218
46	95.2	0.9787	0.9944	0.9979	0.0157

Fuente: Elaboración propia.

Con el delta teórico 0.1073, es menor que el delta tabular 0.2005. Los datos se ajustan a la distribución Log Pearson tipo III, con un nivel significativo del 5%.

f. Ajuste de precipitación máxima 24 horas a una distribución Gumbel.

Tabla 7
Ajuste de datos a una distribución Gumbel

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mon Lineal	Delta
1	20.7	0.0213	0.0755	0.0394	0.0542
2	20.8	0.0426	0.0774	0.0409	0.0348
3	21.6	0.0638	0.0937	0.0537	0.0298
4	22.6	0.0851	0.1166	0.0730	0.0315
5	22.9	0.1064	0.1240	0.0796	0.0176
6	24.2	0.1277	0.1588	0.1119	0.0312
7	25.5	0.1489	0.1975	0.1503	0.0486
8	27.0	0.1702	0.2461	0.2012	0.0759
9	27.8	0.1915	0.2733	0.2306	0.0818
10	28.0	0.2128	0.2802	0.2382	0.0674
11	29.5	0.2340	0.3329	0.2970	0.0988
12	29.5	0.2553	0.3329	0.2970	0.0776
13	29.6	0.2766	0.3364	0.3010	0.0598
14	30.3	0.2979	0.3614	0.3294	0.0635
15	30.5	0.3191	0.3685	0.3375	0.0494
16	30.5	0.3404	0.3685	0.3375	0.0281
17	32.4	0.3617	0.4360	0.4151	0.0743
18	32.6	0.3830	0.4430	0.4233	0.0600
19	32.6	0.4043	0.4430	0.4233	0.0388

20	33.2	0.4255	0.4639	0.4474	0.0384
21	33.3	0.4468	0.4674	0.4514	0.0206
22	34.2	0.4681	0.4981	0.4870	0.0300
23	35.0	0.4894	0.5247	0.5178	0.0353
24	35.1	0.5106	0.5280	0.5216	0.0173
25	35.5	0.5319	0.5410	0.5366	0.0091
26	35.6	0.5532	0.5442	0.5403	0.0090
27	36.3	0.5745	0.5664	0.5658	0.0081
28	36.3	0.5957	0.5664	0.5658	0.0294
29	37.0	0.6170	0.5879	0.5905	0.0291
30	37.2	0.6383	0.5940	0.5974	0.0443
31	37.5	0.6596	0.6029	0.6075	0.0567
32	38.2	0.6809	0.6233	0.6307	0.0576
33	38.2	0.7021	0.6233	0.6307	0.0788
34	38.6	0.7234	0.6346	0.6435	0.0888
35	39.0	0.7447	0.6457	0.6559	0.0990
36	39.7	0.7660	0.6645	0.6770	0.1014
37	40.0	0.7872	0.6724	0.6857	0.1149
38	40.2	0.8085	0.6775	0.6914	0.1310
39	42.5	0.8298	0.7324	0.7515	0.0974
40	42.8	0.8511	0.7390	0.7586	0.1121
41	44.0	0.8723	0.7640	0.7853	0.1084
42	45.0	0.8936	0.7832	0.8055	0.1104
43	55.2	0.9149	0.9132	0.9329	0.0017
44	59.0	0.9362	0.9392	0.9555	0.0030
45	73.3	0.9574	0.9845	0.9908	0.0270
46	95.2	0.9787	0.9981	0.9992	0.0194

Fuente: Elaboración propia.

Con el delta teórico 0.1310, es menor que el delta tabular 0.2005. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel significativo del 5%.

g. Ajuste de precipitación máxima 24 horas a una distribución Log Gumbel.

Tabla 8

Ajuste de datos a una distribución Log Gumbel.

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mon Lineal	Delta
1	20.70	0.0213	0.0060	0.0054	0.0153
2	20.80	0.0426	0.0067	0.0060	0.0359
3	21.60	0.0638	0.0141	0.0129	0.0498
4	22.60	0.0851	0.0298	0.0280	0.0553
5	22.90	0.1064	0.0361	0.0341	0.0702
6	24.20	0.1277	0.0727	0.0698	0.0550

7	25.50	0.1489	0.1229	0.1196	0.0260
8	27.00	0.1702	0.1937	0.1903	0.0235
9	27.80	0.1915	0.2348	0.2317	0.0433
10	28.00	0.2128	0.2453	0.2422	0.0326
11	29.50	0.2340	0.3250	0.3225	0.0909
12	29.50	0.2553	0.3250	0.3225	0.0696
13	29.60	0.2766	0.3302	0.3278	0.0536
14	30.30	0.2979	0.3670	0.3649	0.0691
15	30.50	0.3191	0.3773	0.3753	0.0582
16	30.50	0.3404	0.3773	0.3753	0.0369
17	32.40	0.3617	0.4711	0.4701	0.1094
18	32.60	0.3830	0.4804	0.4795	0.0974
19	32.60	0.4043	0.4804	0.4795	0.0761
20	33.20	0.4255	0.5076	0.5069	0.0820
21	33.30	0.4468	0.5120	0.5114	0.0652
22	34.20	0.4681	0.5503	0.5501	0.0822
23	35.00	0.4894	0.5821	0.5822	0.0928
24	35.10	0.5106	0.5860	0.5861	0.0753
25	35.50	0.5319	0.6010	0.6012	0.0690
26	35.60	0.5532	0.6046	0.6050	0.0514
27	36.30	0.5745	0.6294	0.6300	0.0550
28	36.30	0.5957	0.6294	0.6300	0.0337
29	37.00	0.6170	0.6527	0.6535	0.0357
30	37.20	0.6383	0.6591	0.6599	0.0208
31	37.50	0.6596	0.6684	0.6693	0.0089
32	38.20	0.6809	0.6892	0.6903	0.0084
33	38.20	0.7021	0.6892	0.6903	0.0129
34	38.60	0.7234	0.7005	0.7016	0.0229
35	39.00	0.7447	0.7113	0.7125	0.0334
36	39.70	0.7660	0.7293	0.7306	0.0367
37	40.00	0.7872	0.7366	0.7380	0.0506
38	40.20	0.8085	0.7414	0.7428	0.0671
39	42.50	0.8298	0.7899	0.7915	0.0399
40	42.80	0.8511	0.7954	0.7970	0.0556
41	44.00	0.8723	0.8160	0.8177	0.0563
42	45.00	0.8936	0.8313	0.8330	0.0623
43	55.20	0.9149	0.9258	0.9272	0.0109
44	59.00	0.9362	0.9437	0.9449	0.0075
45	73.30	0.9574	0.9773	0.9780	0.0199
46	95.20	0.9787	0.9925	0.9928	0.0138

Fuente: Elaboración propia.

Con el delta teórico 0.1094, es menor que el delta tabular 0.2005. Los datos se ajustan a la distribución Log Gumbel, con un nivel de significación de 5%.

1.2.3. Prueba de bondad de ajuste

De acuerdo a la prueba de Smirnov – Kolmogorov, se tiene el siguiente resumen:

Numero de datos (N)=	46
Nivel de significancia (α)=	0.05
Δ tabular=	0.2005

Tabla 9
Prueba de Smirnov – Kolmogorov para las precipitaciones máximas 24 horas.

Distribucion	Δ max	Ranking Δ tabular > Δ max
Normal	0.1963	6
Log Normal 2 parametros	0.1203	6
Gamma 2 parametros	0.1435	5
Log Pearson Tipo III	0.1073	1
Gumbel	0.131	4
Log Gumbel	0.1094	2

Fuente: Elaboración propia.

Según resultados anteriores, los datos se ajustan de mejor manera a la distribución Log Pearson tipo III, ya que presenta un menor delta teórico, en comparación con las otras distribuciones.

1.2.4. Precipitaciones máximas anuales

Con la distribución de mejor ajuste, distribución de Log Pearson tipo III, se procede a determinar la precipitación máxima de 24 horas para diferentes periodos de retorno (T): 2, 5, 10, 15, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 5000 y 10000 años. Estos resultados se calculan en el siguiente cuadro.

Tabla 10
Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno T.

Periodo de retorno T (años)	P(X≤Xt)	Pmax. 24 hr. (mm)
2	0.5000	33.12
5	0.8000	43.63
10	0.9000	51.85
15	0.9333	56.95
20	0.9500	60.73
50	0.9800	73.80
100	0.9900	84.90
200	0.9950	97.19
500	0.9980	115.43
1000	0.9990	130.75
5000	0.9998	169.86
10000	0.9999	186.32

Fuente: Elaboración propia.

1.2.5. Aplicación del Metodo IILA y la generación de intensidades.

Para la aplicación del método IILA, se hace necesaria ubicarla en la región pluviométricas y determinar sus parametros, según el estudio de hidrología del Peru (IILA-SENAMHI-UNI).

Tabla 11
Parámetros, según ubicación en la región pluviométrica

REGION PLUVIOMETRICA Y PARAMETROS	
REGION HIDROLOGICA	123-6
Zona pluviometrica:	123
Sub zona pluviometrica:	123-6
Duracion de lluvia diaria (Perú):	tg=15.200
Parametros de duracion:	n=0.380
Parametro de duracion por region:	b=0.400
Parametros de intensidad (mm)	a=11.000
Parametros de frecuencia (adimensional)	K=0.553

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12
Coeficientes regionales para determinar las precipitaciones e intensidades para la zona de estudio.

DURACION		COEFICIENTES REGIONALES	COEFICIENTES REGIONALES
Horas	minutos	$P_t/P_{24hr.}$	$I_t/I_{24hr.}$

0.033	2	0.218	12.048
0.067	4	0.224	11.507
0.133	8	0.235	10.592
0.267	16	0.256	9.224
0.533	32	0.291	7.487
1067.000	64	0.346	5.657
2133.000	128	0.426	4.031
4267.000	256	0.519	2.918
5.000	300	0.551	2.645
6.000	360	0.59	2.362
7.000	420	0.626	2.147
8.000	480	0.659	1.976
9.000	540	0.689	1.837
10.000	600	0.717	1.721
11.000	660	0.743	1.622
12.000	720	0.768	1.537
13.000	780	0.792	1.462
14.000	840	0.815	1.397
15.000	900	0.836	1.338
16.000	960	0.857	1.286
17.000	1020	0.877	1.238
18.000	1080	0.896	1.195
19.000	1140	0.915	1.156
20.000	1200	0.933	1.12
21.000	1260	0.951	1.086
22.000	1320	0.967	1.055
23.000	1380	0.984	1.027
24.000	1440	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Ahora se presenta las precipitaciones calculadas

Tabla 13 *Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno y diferentes duraciones*

DURACION		PERIODO DE RETORNO (AÑOS)											
Hr.	**Min.**	**2**	**5**	**10**	**15**	**20**	**50**	**100**	**200**	**500**	**1000**	**5000**	**10000**
0.033	2	7.204	9.491	11.279	12.388	13.210	16.053	18.468	21.141	25.109	28.442	36.949	40.530
0.067	4	7.410	9.762	11.512	12.742	13.588	16.512	18.995	21.745	25.826	29.254	38.004	41.687
0.133	8	7.796	10.270	12.295	14.305	14.295	17.371	19.984	22.877	27.171	30.777	39.983	43.857
0.267	16	8.486	11.179	13.169	14.591	15.560	18.090	21.753	24.897	29.575	33.500	43.521	47.738
0.533	32	9.643	12.703	15.857	16.582	17.682	21.488	24.720	28.298	33.609	38.069	49.457	54.249
1.067	64	11.450	15.084	17.728	19.868	19.689	25.514	29.352	33.601	39.907	45.203	58.724	64.415
2.133	128	14.093	18.566	22.908	24.118	25.842	31.304	37.114	39.783	49.118	55.637	72.279	79.283
4.267	256	17.181	22.635	28.576	29.542	31.503	38.283	44.041	50.417	59.879	67.826	88.114	96.652
5	300	18.248	24.039	28.457	31.378	33.460	40.662	46.777	53.549	63.599	72.039	93.588	102.657
6	360	19.557	25.763	30.777	31.629	35.861	43.579	50.130	57.390	68.161	77.207	100.302	110.021
7	420	20.737	27.318	30.024	35.657	38.024	46.208	53.158	60.853	72.273	81.865	106.353	116.659
8	480	21.816	28.739	34.003	37.231	40.003	48.613	55.924	64.023	76.035	86.126	111.888	122.731
9	540	22.815	30.035	36.344	40.833	43.835	52.913	58.468	66.950	79.515	90.069	117.010	128.349
10	600	23.747	31.285	37.957	41.983	43.535	50.915	58.724	69.685	82.763	93.748	121.790	133.592
11	660	24.623	32.437	38.548	42.339	45.149	54.866	63.118	72.255	85.816	97.205	126.282	138.519
12	720	25.451	33.527	39.074	45.114	48.108	58.462	67.255	74.684	88.701	100.473	130.527	143.175
13	780	26.237	34.562	41.074	45.114	48.108	58.462	67.255	76.991	91.440	103.576	134.558	147.597
14	840	26.986	35.556	42.247	46.403	49.483	60.132	69.176	79.190	94.052	106.534	138.401	151.813
15	900	27.703	36.494	48.369	47.635	50.797	61.729	71.014	81.294	96.550	109.364	142.078	155.845
16	960	28.391	37.400	52.058	48.818	52.058	63.262	72.777	83.312	98.947	112.080	145.605	159.715
17	1020	29.052	38.272	54.736	49.956	53.271	64.736	74.478	85.125	101.253	114.692	148.998	163.437
18	1080	29.690	39.112	56.610	51.005	54.441	66.158	76.108	87.125	103.477	117.210	152.270	167.025
19	1140	30.307	39.924	57.531	52.112	55.671	77.688	77.688	90.684	105.625	119.643	155.431	170.493
20	1200	30.903	40.710	48.532	53.138	56.665	68.860	79.217	90.684	107.704	121.998	158.490	173.000

21	1260	31.481	41.471	49.285	54.132	57.725	70.179	80.699	92.381	109.719	124.281	161.456	177.102
22	1320	32.043	42.211	50.164	55.098	58.755	71.400	82.139	94.029	111.676	126.498	164.336	180.260
23	1380	32.589	42.930	51.018	56.036	59.756	72.616	83.538	95.631	113.578	128.652	167.135	183.331
24	1440	33.120	43.630	51.850	56.950	60.730	73.800	84.900	97.190	115.430	130.750	169.860	186.320

Fuente: Elaboración propia.

Para finalmente determinar las intensidades:

Tabla 14

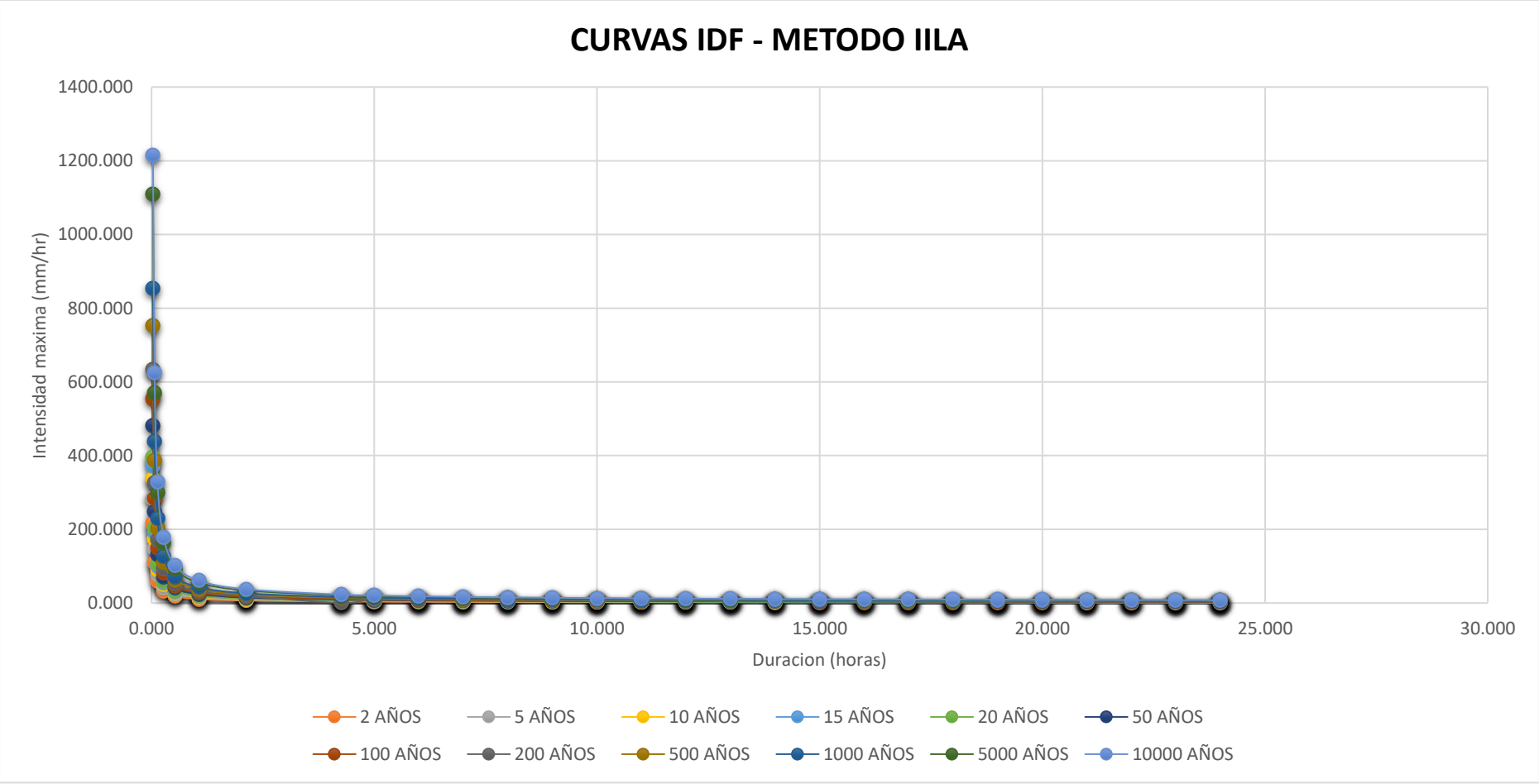
Intensidades para diferentes periodos de retorno y diferentes duraciones

DURACION		PERIODO DE RETORNO (AÑOS)											
Hr.	Min.	2	5	10	15	20	50	100	200	500	1000	5000	10000
0.033	2	216.134	284.720	338.362	371.644	396.311	481.604	554.040	634.242	753.272	853.248	1108.471	1215.886
0.067	4	111.154	146.426	174.013	191.129	203.815	247.679	284.932	326.178	387.393	438.809	570.065	625.307
0.133	8	58.470	77.024	91.535	100.539	107.212	130.286	149.882	171.578	203.779	230.825	299.869	328.927
0.267	16	31.822	41.920	49.818	54.708	-58.350	70.908	81.573	93.381	110.906	125.626	163.203	179.018
0.533	32	18.081	23.819	28.306	31.091	33.154	40.289	46.349	53.059	63.016	71.380	92.731	101.717
1.067	64	10.735	14.141	16.805	18.458	19.683	23.920	27.517	31.501	37.412	42.378	55.054	60.389
2.133	128	6.606	8.703	10.342	11.359	12.113	14.720	16.934	19.386	23.024	26.080	33.881	37.164
4.267	256	4.027	5.305	6.304	6.924	7.384	8.973	10.322	1 1.816	14.034	15.897	20.652	22.653
5	300	3.650	4.808	5.714	6.276	6.692	8.132	9.355	10.710	12.720	14.408	18.718	20.531
6	360	3.260	4.294	5.103	5.605	5.977	7.263	8.356	9.565	11.360	12.868	16.717	18.337
7	420	2.962	3.903	4.638	5.194	5.432	6.601	7.594	8.693	10.325	11.695	15.193	16.666
8	480	2.727	3.592	4.269	4.689	5.000	6.077	6.991	8.002	9.504	10.766	13.986	15.341
9	540	2.535	3.339	3.969	4.359	4.648	5.649	6.498	7.439	8.835	10.008	13.001	14.261
10	600	2.375	3.128	3.718	4.083	4.354	5.291	6.087	6.969	8.276	9.375	12.179	13.359
11	660	2.238	2.949	3.504	3.849	4.104	4.988	5.738	6.569	7.801	8.837	11.480	12.593

12	720	2.121	2.794	3.320	3.647	3.889	4.726	5.437	6.224	7.392	8.373	10.877	11.931
13	780	2.018	2.659	3.160	3.470	3.701	4.497	5.173	5.000	7.034	7.967	10.351	11.354
14	840	1.928	2.539	3.018	3.314	3.534	4.295	4.941	5.656	6.718	7.610	9.886	10.844
15	900	1.847	2.433	2.891	3.176	3.386	4.115	4.734	5.420	6.437	7.291	9.472	10.390
16	960	1.774	2.337	2.778	3.051	3.254	3.954	4.549	5.207	6.184	7.005	9.100	9.982
17	1020	1.709	2.251	2.675	2.939	3.134	3.808	4.381	5.015	5.956	6.747	8.765	9.614
18	1080	1.649	2.173	2.582	2.836	3.025	3.675	4.228	4.840	5.749	6.512	8.459	9.279
19	1140	1.595	2.101	2.497	2.743	2.925	3.554	4.089	4.681	5.559	6.297	8.181	8.973
20	1200	1.545	2.035	2.419	2.657	2.833	3.443	3.961	4.534	5.385	6.100	7.925	8.692
21	1260	1.499	1.975	2.347	2.578	2.749	3.340	3.843	4.399	5.225	5.918	7.688	8.433
22	1320	1.456	1.919	2.280	2.504	2.671	3.245	3.734	4.274	5.076	5.750	7.470	8.194
23	1380	1.417	1.867	2.218	2.436	2.598	3.157	3.632	4.158	4.938	5.594	7.267	7.971
24	1440	1.380	1.818	2.160	2.373	2.530	3.075	3.538	4.050	4.810	5.448	7.078	7.763

Fuente: Elaboración propia

Figura 1 *Curvas IDF realizado con el método ILLA*



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 03:
INGENIERÍA DEL PROYECTO

ANEXO 3.1:
DISEÑO ARQUITECTÓNICO

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: ESTUDIO ARQUITECTONICO 3

1.1. Marco normativo 3

1.2. Factores de diseño 7

1.2.1. Lugar 7

1.2.2. Condiciones bioclimáticas 11

1.2.3. Aspectos cuantitativos 16

1.3. Análisis del terreno 18

1.3.1. Ubicación del terreno 18

1.3.2. Topografía del terreno 20

1.3.3. Morfología del terreno 21

1.3.4. Características de cada zona 24

1.4. Evaluación de los servicios básicos 28

1.4.1. Servicios de Agua 28

1.4.2. Servicio de desagüe 29

1.4.3. Energía eléctrica 30

1.5. Análisis de la ciudad universitaria dentro del muro perimétrico. 30

1.5.1. Situación actual dentro de la ciudad universitaria 31

1.5.2. Parámetros urbanísticos y edificatorios. 32

1.6. Propuesta del proyecto urbano arquitectónico 32

1.6.1. Conceptualización del objeto urbano arquitectónico 32

Índice de tablas

Tabla 1 *Síntesis de leyes, normas y reglamentos* 3
Tabla 2 *Cuadros de resumen de crecimiento y eventos principales en el ambiento de la ciudad de Cusco* 9
Tabla 3 *Declinación terrestre de la ciudad de Huaraz* 14
Tabla 4 *Declinación solar al medio día* 14
Tabla 5 *Cuadro de áreas* 17
Tabla 6 *Cuadro resumen de áreas por zonas* 18
Tabla 7 *Análisis de tipología de áreas aledañas y edificaciones* 23
Tabla 8 *Cuadro de Parámetros Urbanísticos* 32

Índice de figuras

Figura 1 *Vista de la ciudad de cusco* 7
Figura 2 *Vientos en la ciudad de Cusco* 12
Figura 3 *Gráfico climático* 13
Figura 4 *Gráfico climático* 13
Figura 5 *Batiller* 14
Figura 6 *Diagrama solar* 15
Figura 7 *Gráfico climático* 16
Figura 8 *Mapa de ubicación del distrito Cusco* 18
Figura 9 *Ubicación de la ciudad universitaria en la ciudad de Cusco* 19
Figura 10 *Ubicación del terreno dentro de la ciudad universitaria* 20
Figura 11 *Plano topográfico y perimétrico* 21
Figura 12 *Perfil topográfico b-b* 21
Figura 13 *La forma del terreno* 22
Figura 14 *Áreas dentro de la ciudad universitaria* 22
Figura 15 *Edificaciones en la zona 1* 25
Figura 16 *Altura de las edificaciones* 25
Figura 17 *Edificaciones en la zona 2* 26
Figura 18 *Altura de edificaciones* 27
Figura 19 *Edificaciones en la zona 3* 27
Figura 20 *Conexión automatizada en el área de terreno de interés* 28
Figura 21 *Conexión de desagüe al costado del área de terreno de interés* 29
Figura 22 *Alumbrado público* 30
Figura 23 *Eje vial antes y después* 31
Figura 24 *Conceptualización fachada* 34
Figura 25 *Conceptualización planta* 34

CAPÍTULO 1: ESTUDIO ARQUITECTONICO

1.1. Marco normativo

Síntesis de leyes, normas y reglamentos aplicados en el proyecto urbano arquitectónico.

Normatividad en el proyecto.

En el proyecto se considera puntualmente las siguientes normas que tiene un carácter legal y que se cumple los siguientes parámetros mínimos a tener en cuenta.

- Reglamento Nacional de Edificaciones (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento)

- Norma Técnica de Infraestructura para Locales de Educación Superior, de la OINFE-MINEDU

Tabla 1

Síntesis de leyes, normas y reglamentos

SÍNTESIS DE LEYES, NORMAS Y REGLAMENTOS APLICADOS EN LA PROPUESTA URBANO ARQUITECTÓNICA.	
Leyes, normas y reglamentos	Propuesta Urbana Arquitectónica
Condiciones de habitabilidad y funcionalidad Art. 6 Reglamento nacional edificación, A.040 de Educación.	- La altura que se está considerando de piso a techo es de 3m. - Según la dirección de los vientos, la ventilación dentro del recinto educativo es ventilación cruza a través de muro cortina por el exterior y por el interior con ventanas altas. - El volumen del edificio está orientado de norte a sur. - Se está considerando muro cortina para una mayor iluminación y ventilación.
Iluminación artificial Norma EM 010. Artículo 03.	Dentro del edificio de laboratorios se está aprovechando

Iluminaciones mínimas a considerar	al máximo la iluminación natural a través de muro cortinas y ventanas altas, y por las tardes y noches se está considerando iluminación artificial con led para todos los ambientes cumpliendo con la mínima iluminación artificial que estipula la norma EM 010.
Art. 13, A.040 de Educación. Reglamento nacional edificación	Se calculó según el cuadro la cantidad de ocupantes por espacio para diseñar el ancho de las salidas y según la cantidad de ocupantes de todo el edificio.
Artículo 25. de la norma A.010 de Condiciones generales de diseño	-Ancho de pasaje en área administrativa es de 1.2m - Pasillo es de 2.4 mts el ancho -En el proyecto se cuenta con tres escaleras, dos escaleras de evacuación y una escalera integrada. -También se cuenta con un ascensor ubicado en la parte central. -La distancia horizontal desde cualquier punto, en interior de la edificación, al ingreso principal o a una circulación veril es menor a 45.00m
Escalera, Ascensores y Rampas, En los artículos 28 y 31 de la norma A.010 de Condiciones generales de diseño	Se cuenta con tres escaleras y un ascensor determinado por el número de ocupantes y distancia del ambiente más alejado.
En el artículo 39 de la norma a.010 de condiciones generales de diseño. Servicios sanitarios	- En el edificio de los laboratorios, cuenta con un servicio higiénico por piso, para hombres 3L 3U 3I, para mujeres 3L 3I, y

	para discapacitado 1L 1I, se calculó este número de aparatos sanitarios según el número de alumnos más un porcentaje de visitantes que frecuentaran en el primer nivel. - Para acceder a los servicios higiénicos se tiene una distancia de recorrido de 35m del ambiente más alejado. - están ubicados estratégicamente para evitar el registro visual al interior de los servicios higiénicos, el resto de los requisitos están en los detalles técnicos y acabados en los planos.
En el artículo 15 de la norma A.080 de Oficinas	En el área administrativa cuenta con un servicio higiénico, un urinario y un lavabo para los empleados que trabajan en esa área, cumpliendo con lo establecido en el art 15.
El artículo 15 de la norma A.120	Se está considerando 1 lavabo y 1 inodoro independiente para persona con discapacidad.
Requisitos de seguridad Los artículos 5, 6, y 22 de la norma A.130 de Requisitos de seguridad	Según el art. 5, en el edificio de los laboratorios se tiene una puerta de evacuación hacia el exterior, en la parte posterior. Según el art. 6, la puerta de evacuación se abre hacia el exterior. Según el art. 22, se hizo el cálculo siguiente el cual resulta un ancho de puerta de evacuación de 2.40m de ancho. Y puerta de ingreso principal 2.4. En el área administrativa tiene un ancho de pasaje de 1.20m, los pasadizos del

	primer nivel tienen un acho de 2m, son resultados del calculo que se realizó. Haciendo el cálculo correspondiente se llegó a tener un ancho de la escalera de 1.55 de ancho de escalera cortafuego.
A.040 Educación Articulo 18.- Numero de escaleras	En el edificio de laboratorios se está planteando dos tres cumpliendo con lo establecido en el art. 18 de la norma A.040 Educación.
Art. 13, norma técnica de infraestructura, para locales de educación superior. Criterios para el dimensionamiento, laboratorios de especialización, será determinado por la propuesta pedagógica y deben tener un depósito por especialidad.	Según los requerimientos de los usuarios y los equipos especializados y circulación se obtuvo un área determinada para la actividad académica especializada de un laboratorio.
Art. 13, norma técnica de infraestructura, para locales de educación superior. Criterios para el dimensionamiento, aula teórica es 1.20m2 por estudiante. Mesa 50x60ctm, mesa profesor 1.2x0.60m.	De acuerdo a las dimensiones de la norma se dimensiono los mobiliarios para la propuesta.
Norma : A.040 Educación, cap. II Articulo 9 Aforos R.M. n° 0025-1010-Ed, art 6.1.3 Rm. n° 208-2010 Ed	Se considero los aforos correspondientes a la norma A.40 para determinar el dimensionamiento de los espacios mínimos a considerar para los laboratorios de ingeniería industrial.

Fuente: Elaboración propia

1.2. Factores de diseño

1.2.1. Lugar

El proyecto de edificio de laboratorio hidraulico de ingeniería civil se encuentra dentro de la ciudad universitaria de la UNSAAC, ubicada en la zona de Perayoc, en la ciudad de Cusco, departamento de Cusco, provincia de Cusco. “El clima es variado, típicamente templado y seco, con características de la región Quechua. La temperatura máxima promedio es de 21°C y la mínima puede descender hasta 0°C durante las noches de invierno. Las precipitaciones más intensas ocurren entre los meses de diciembre y marzo, siendo enero y febrero los meses con mayor precipitación, alcanzando aproximadamente 150 mm/mes” (SENAMHI, 2020).

La zona donde se desarrollará el proyecto arquitectónico está a una altitud de 3,399 msnm, con una latitud de 13° 31' 30.50" S y una longitud de 71° 58' 40.30" O. El terreno seleccionado tiene un área de 2,500 m², proporcionando un espacio adecuado para el desarrollo de las instalaciones académicas y de investigación.

Figura 1
Vista de la ciudad de cusco



Fuente: Imágenes obtenidas a través de una búsqueda en Google Imágenes (2024).

- **Reseña histórica**

Durante el tiempo transcurrido hasta la actualidad, han acontecido eventos significativos que han marcado la historia de Cusco. Uno de los eventos más trágicos fue el terremoto de 1950, que devastó gran parte de la ciudad, incluyendo importantes monumentos históricos. A raíz de esta catástrofe, se inició un proceso de reconstrucción que transformó la infraestructura de Cusco y revitalizó su patrimonio arquitectónico.

Otros autores refuerzan la reseña histórica de Cusco afirmando lo siguiente:

Cusco es una ciudad emblemática y fue la capital del Imperio Inca, uno de los imperios más grandes y avanzados de América precolombina. Fundada en tiempos inmemoriales, se sitúa en la región suroriental del Perú, y actualmente es la capital del departamento del mismo nombre. Cusco limita al norte con la región de Ucayali, al este con Madre de Dios, al sur con Puno y Arequipa, y al oeste con Apurímac y Ayacucho.

En la prehistoria y en el antiguo Perú, Cusco era parte de un vasto territorio en el cual se desarrollaron culturas preincaicas que luego fueron absorbidas por el Imperio Inca. Este imperio consolidó su poder en la región y dejó una huella indeleble en la arquitectura, agricultura y organización social. Durante el horizonte medio, la región fue testigo del surgimiento de la cultura Wari, cuyas influencias aún se observan en las construcciones de Cusco, como en Pikillaqta. Más adelante, durante el horizonte tardío, Cusco se convirtió en el epicentro del Tahuantinsuyo, consolidando su rol como la capital del imperio más poderoso de Sudamérica.

Los asentamientos en Cusco estaban estratégicamente ubicados en valles y quebradas interandinas, favoreciendo el desarrollo agrícola y la construcción de impresionantes complejos arquitectónicos. La arquitectura incaica, promovida por la religión, el culto y las ceremonias, alcanzó su máxima expresión en Cusco, con estructuras emblemáticas como el Qorikancha y Sacsayhuamán.

Julio C. Tello, considerado el padre de la arqueología peruana, destaca que la cultura peruana es autóctona, con Cusco como el corazón de la civilización inca. La agricultura incaica era altamente desarrollada, utilizando terrazas y canales de riego que aún hoy son visibles en el Valle Sagrado. La textilería también era avanzada, con vestimentas confeccionadas de algodón y lana, y el arte incaico se destacó por su apreciación de figuras zoomorfas y antropomorfas, esculpidas en piedra, como se observa en las esculturas de Kenko y las cabezas clavas de Sacsayhuamán.

Después de la conquista del Perú, los conquistadores llegaron a Cusco, donde se establecieron sobre las antiguas estructuras incas. Durante la colonia, Cusco fue escenario de numerosas rebeliones indígenas, motivadas por los abusos en la explotación de las mitas y el cobro de tributos excesivos. Uno de los momentos más dramáticos de la historia reciente de Cusco fue el terremoto de 1950, que obligó a una reconstrucción masiva de la ciudad, transformando su paisaje urbano y preservando su herencia cultural (Wikipedia, 2020).

Tabla 2

Cuadros de resumen de crecimiento y eventos principales en el ambiento de la ciudad de Cusco

ÉPOCA PREHISPÁNICA			ÉPOCA COLONIAL			
1000 a.C. Primeros asentamientos en la región del Cusco	1200 d.C. Fundación de la ciudad del Cusco, capital del Imperio Incaico.	1438 d.C. Inicio del gobierno del Inca Pachacútec, expansión del Tawantinsuyo.	1533 d.C. Llegada de los españoles al Cusco, captura y muerte del Inca Atahualpa.	1545 d.C. Fundación de la Real Universidad de San Antonio Abad del Cusco.	1650 d.C. Terremoto en el Cusco, que provoca la reconstrucción de la ciudad bajo influencia española.	1692 d.C. Finalización de la construcción de la Catedral del Cusco.

ÉPOCA REPUBLICANA					
1825 d.C. Proclamación de la independencia del Perú en Cusco.	1854 d.C. Reorganización de la Universidad de San Antonio Abad bajo la administración republicana.	1911 d.C. Redescubrimiento de Machu Picchu por Hiram Bingham, aumentando el interés global en el Cusco.	1950 d.C. Terremoto en Cusco, devastación de la ciudad y posterior reconstrucción.	1964 d.C. Creación de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) como universidad estatal.	1970 d.C. Inicio de la construcción de nuevas instalaciones universitarias.

ÉPOCA CONTEMPORÁNEA				
1980 d.C. Expansión urbana del Cusco, con crecimiento hacia los distritos periféricos.	1992 d.C. Establecimiento de programas de posgrado en la UNSAAC.	2000 d.C. Inauguración de nuevas facultades y expansión de la UNSAAC en el campus de Perayoc.	2011 d.C. Celebración del centenario del redescubrimiento de Machu Picchu, con actividades académicas en la UNSAAC.	2020 d.C. Inicio de proyectos de modernización y digitalización en la UNSAAC.

Fuentes: (Flores Galindo, 1994), (Burga, 2015), (Pease García Yrigoyen, 2000) Y (UNSAAC, 2020).

Aproximadamente en el año 2019, la ciudad del Cusco contaba con una población de alrededor de 430 mil habitantes, consolidándose como la ciudad más poblada de la región y una de las 15 ciudades más pobladas del Perú. Cusco, con su rica herencia cultural y su importancia histórica, atrae a una gran cantidad de migrantes tanto de otras regiones del país como del extranjero, convirtiéndose en un crisol de culturas.

Cusco se ha desarrollado principalmente a través del turismo, la agricultura, y el comercio. Su economía está profundamente influenciada por su patrimonio arqueológico e histórico, siendo la antigua capital del Imperio Inca. El Cusco no solo es conocido por su relevancia en la época Inca, sino también por su riqueza cultural que se manifiesta en diversas festividades y tradiciones.

En la época del Horizonte Temprano, la región del Cusco fue testigo del florecimiento de culturas como la Killke, que precedió a la expansión del Imperio Inca. En el Horizonte Medio, se destaca la influencia de la cultura Wari, que dejó importantes vestigios en la región antes de la consolidación del Imperio Inca, cuyos logros en arquitectura y urbanismo son evidentes en construcciones como Sacsayhuamán y el Coricancha.

La ciudad del Cusco celebra con fervor varias festividades tradicionales que han perdurado a través del tiempo, fusionando elementos cristianos con la cosmovisión andina. Una de las festividades más destacadas es el Inti Raymi, una celebración del solsticio de invierno que honra al dios sol, Inti, y que se celebra cada 24 de junio en la explanada de Sacsayhuamán. Además, durante los meses de mayo y junio, se llevan a cabo las festividades en honor al Señor de los Temblores, el patrón jurado del Cusco, cuya veneración es una mezcla de fe católica y ritos andinos.

Otra celebración importante es el Corpus Christi, que se realiza en el mes de junio, donde las imágenes de los santos y vírgenes de las distintas parroquias del Cusco son llevadas en procesión hasta la Plaza de Armas. Esta festividad es una de las más importantes del calendario cusqueño, reflejando la sincretización religiosa que caracteriza la cultura del Cusco.

El Cusco, con su mezcla única de historia precolombina, colonial y contemporánea, continúa siendo un epicentro cultural en el Perú, atrayendo a turistas y residentes que buscan experimentar la vibrante cultura que ha perdurado y evolucionado a lo largo de los siglos.

1.2.2. Condiciones bioclimáticas

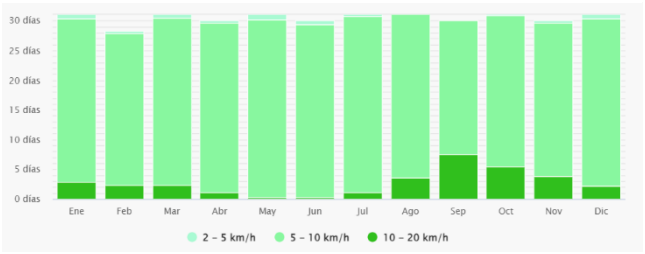
En los gráficos se muestra la intensidad de los vientos en la región de Cusco, los cuales alcanzan su máxima fuerza durante los meses de agosto a octubre. Estos vientos

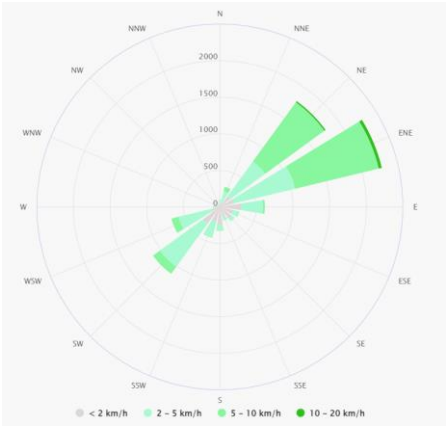
suelen ser regulares y moderadamente fuertes, especialmente durante las tardes, debido a la influencia de la topografía montañosa y los cambios de temperatura entre el día y la noche. En los meses de noviembre a febrero, los vientos son más tranquilos y estables.

El gráfico de la rosa de vientos para la ciudad de Cusco muestra que la dirección predominante de los vientos a lo largo del año es de sureste a noroeste (SE a NW) y de suroeste a noreste (SW a NE), con una menor frecuencia de vientos provenientes del sur (S) hacia el este (E). Estos patrones de viento son influenciados por la configuración de los Andes, la altitud de la ciudad, y los sistemas meteorológicos que afectan a la región andina.

Este comportamiento del viento es relevante para la planificación arquitectónica y urbana en la UNSAAC, ya que influye en el diseño de las edificaciones, la orientación de las ventanas y puertas, y en la implementación de medidas de protección contra vientos fuertes en determinados periodos del año.

Figura 2
Vientos en la ciudad de Cusco





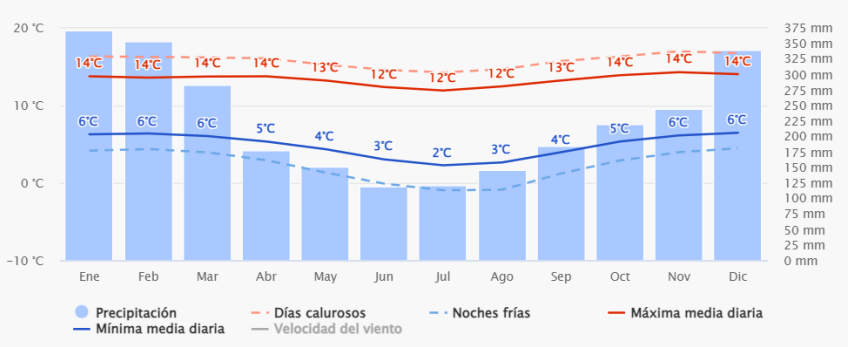
Fuente: (Meteoblue)

- **Temperatura:**

La temperatura de Cusco varia y es más alta en los meses de enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre con 14.0° C; y la temperatura más baja en el mes

de julio con 2°C; en el mes de marzo es donde hay una mayor intensidad de lluvias con 165.6 mm/mes.

Figura 3
Gráfico climático

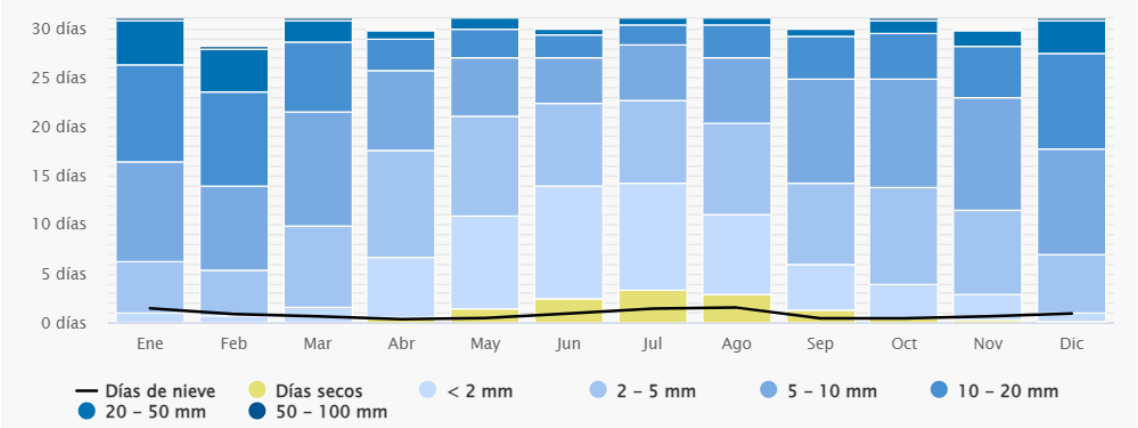


Fuente: (Meteoblue)

- **Precipitaciones:**

En el grafico se muestra que entre los meses de diciembre a febrero son los meses con altas lluvias y en el julio son los más secos durante el año, el grafico que se maneja en cuanto a las precipitaciones.

Figura 4
Gráfico climático



Fuente: (Meteoblue)

- **Asoleamiento:**

El movimiento aparente del sol sigue un patrón constante de este a oeste, con variaciones en su posición norte-sur dependiendo de la fecha, el mes, y la hora del día.

Estas variaciones son importantes para la planificación arquitectónica, ya que afectan la cantidad y calidad de luz solar que recibe una edificación. A continuación, se presenta la declinación solar para la ciudad de Cusco, lo que proporciona información esencial para optimizar el asoleamiento en el diseño de edificios.

Tabla 3
Declinación terrestre de la ciudad de Huaraz

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DÍA	20	20	20	16	20	21	24	26	23	19	21	21
d	21.0	11.8	0.5	8.5	19.6	23.4	1.5	19.3	9.5	0.9	10.7	-23.1

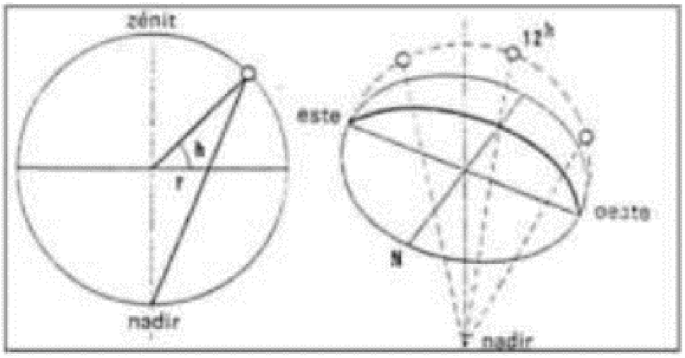
Fuente: Corralles, M(2017)

Tabla 4
Declinación solar al medio día

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DÍA	17	16	15	15	15	11	17	16	15	15	14	10
n	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	316	344
d	20.9	12.9	2.4	9.0	18.7	23.0	20.5	13.4	2.2	9.6	18.9	23.0

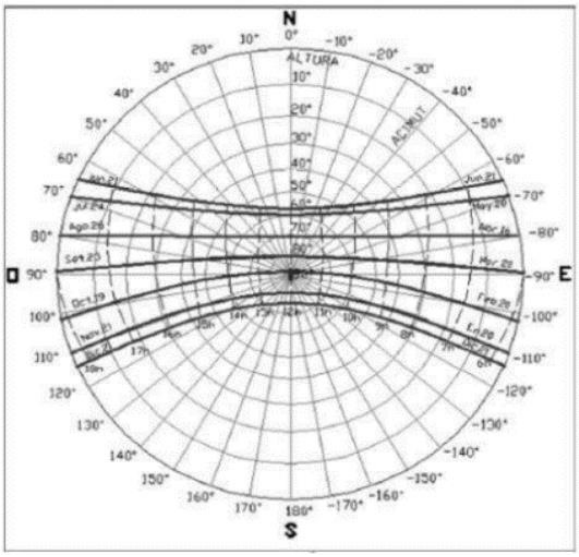
Fuente: Corrales, M(2017)

Figura 5
Batiller



Fuente: Corrales, M(2017)

Figura 6
Diagrama solar



Fuente: (Corrales, 2017)

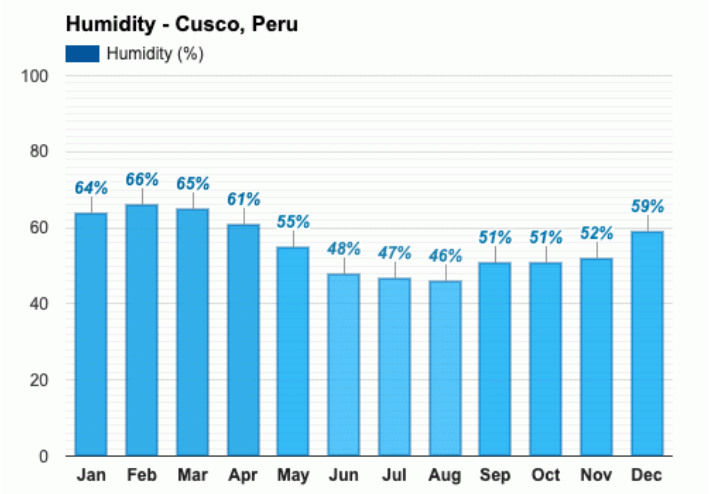
Según el gráfico solar se muestra que tenemos mas meses en el emisferio norte y pocos meses en el emisferio sur esto quiere decir que el sol recorre su trayectoria con mayor frecuencia hacia el norte.

Se determina en entonces que para tener mayor ganancia solar se debería orientar las ventanas de norte a sur, para un mejor diseño arquitectónico.

- **Humedad:**

En la figura se puede apreciar que existe humedad alta en los meses de enero a abril octubre a diciembre y en los meses de mayo, junio, julio, agosto y setiembre son meses en donde la humedad es baja.

Figura 7
Gráfico climático



Fuente: (Weather - Atlas)

1.2.3. Aspectos cuantitativos

1.2.3.1. Cuadro de áreas

Tabla 5

Cuadro de áreas

ZONA	SUBZONA	NECESIDAD	ACTIVIDAD	USUARIOS	MOBILIARI	AMBIENTES ARQ.
ZONA DE INTERRELACION	Hall ingreso	Acoger y apoyar	Brindar información y recepcionar	recepcionista	Mesa y silla	ambiente de recepcionista
	Area verde exterior	Contacto con la vegetación	Descansa, interrelaciona	Alumnos y docentes	Tacho de basura	Área verde de vegetación
ZONA DE TALLERES	Taller de carpinteria y metales (modelos hidraulicos)	aprender, investigar, experimentar. guardar, tener soporte técnico	Diagnostico, la planificacion, la ejecucion y	docente	Máquinas y pizarra	Ambiente teórico practico
			almacenar, ordenar y buscar	Jefe de ractica	módulos	Ambiente de deposito
			Apoyar al docente en la etapa de practica	alumnos	Silla y mesas	Ambiente jefe de practica
	Taller de electronica (equipos hidrometricos)	aprender, investigar, experimentar. guardar, tener soporte técnico	enseñanza, la planificación, la ejecución y	docente	Máquinas y pizarra	Ambiente teórico practico
			almacenar, ordenar y buscar	Jefe de ractica	módulos	Ambiente de deposito
			Apoyar al docente en la etapa de practica	alumnos	Silla y mesas	Ambiente jefe de practica
ZONA DE APOYO Y ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	Administrativa	Acoger al que llega, esperar sentado	informarse, informar y esperar	docente y secretaria	mesa, silla y sofá	Star y secretaria
		Necesidades fisiológicas	miccionar, defecar y lavarse	director	inodoro, lavabo y tacho	Servicio higiénico privado
		Líder encargado de los laboratorios	organizar, planificar, liderar y controlar	administrativo	Mesa y silla	Oficina de jefe de laboratorio
		Líder dirige y coordina las actividades de investigación	organizar, planificar, liderar y controlar	administrativo	Mesa y silla	Oficina de jefe de investigación
		Necesidades fisiológicas	miccionar, defecar y lavarse	administrativo	inodoro, lavabo y tacho	Servicios higiénicos
		Guardar instrumentos importantes	almacenar	Personal de servicio	Archivador	Deposito 01
	Oficina de Investigación	investigar	investigar	Investigador	mesa, silla y archivador	Oficina1 (Oficina de Investigación)
	Area de investigacion	innovar, crear, experimentar y fomentar.	construir, investigar y experimentar	Alumnos y docentes	Modelos hidraulicos y equipos hidrometricos	Ambiente de modelos hidraulicos a escala
ZONA DE SERVICIOS	Servicios higiénicos	Necesidades fisiológicas	miccionar, defecar y lavarse	Alumnos y docente	inodoro, lavabo y tacho	Servicio higiénico varones
		Necesidades fisiológicas	miccionar, defecar y lavarse	Alumnos y docente	inodoro, lavabo y tacho	Servicio higiénico mujeres
		Necesidades fisiológicas	miccionar, defecar y lavarse	Alumnos y docente	inodoro, lavabo y tacho	Servicio higiénico discapacitado
	Cuarto maquina	Control del laboratorio	controlar, manipular, arreglar	Personal de mantenimiento	maquina, bomba centrifuga y macromedidores de agua	Cuarto de máquinas, bombas y tablero
	Area de suministro y tratamiento de agua	Suministro de agua al laboratorio	controlar, manipular, arreglar	Personal de mantenimiento	Maquinas e infraestructura	Cisterna, tanque elevado y desarenador
	Cuarto de limpieza	Almacenar productos y herramientas de limpieza	Guardar productos de limpieza	Personal de mantenimiento	Estante, escoba y detergente	Cuarto de limpieza

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro siguiente se muestra el resumen de las áreas totales por zonas , áreas construidas y áreas libres.

Tabla 6
Cuadro resumen de áreas por zonas

PROGRAMA ARQUITECTÓNICO	
ZONA	
ZONA DE INTERRELACION	
ZONA DE TALLERES	
ZONA DE APOYO Y ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
ZONA DE SERVICIOS	
CUADRO RESUMEN	
TOTAL DE AREA CONSTRUIDA	
25 % MURO	
TOTAL, DE AREA LIBRE-PARQUE DEL ING. INDUST.	
TOTAL	

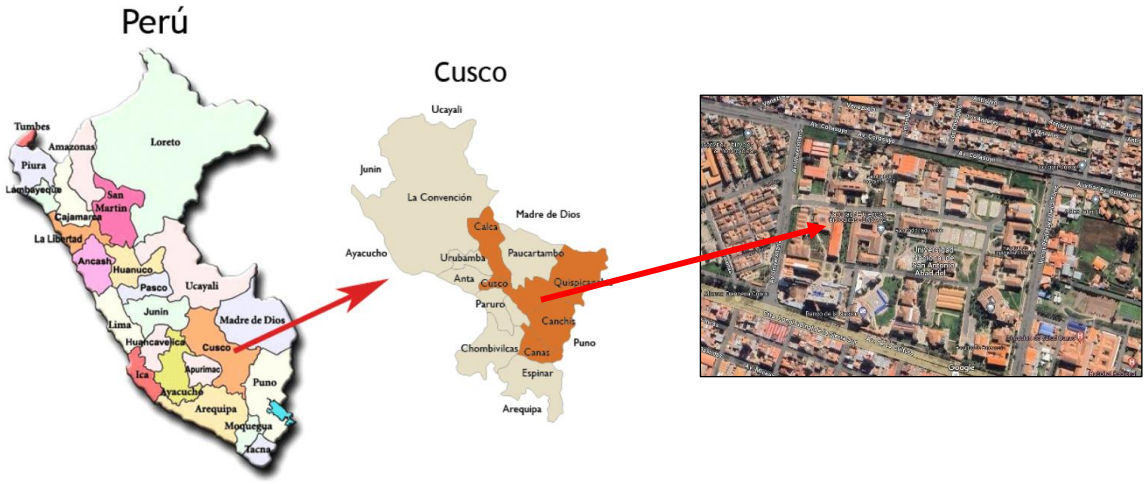
Fuente: Elaboración propia

1.3. Análisis del terreno

1.3.1. Ubicación del terreno

El terreno elegido para el proyecto de diseño arquitectónico del edificio de los laboratorios de hidráulica, está localizado dentro de la ciudad universitaria de la universidad nacional San Antonio Abad del Cusco, se ubica en la zona urbana de Cusco, distrito de Cusco, ciudad de Cusco, región de Cusco.

Figura 8
Mapa de ubicación del distrito Cusco



DESCRIPCIÓN	DETALLE
UBICACIÓN	EN LA REGIÓN DE LA SIERRA DEL DEPARTAMENTO DE CUSCO, AL SURESTE DE LIMA.
POSICIÓN	SE ENMARCA EN LAS SIGUIENTES COORDENADAS GEOGRÁFICAS: 13° 31' DE LATITUD SUR Y 71° 58' DE LONGITUD OESTE DEL MERIDIANO DE GREENWICH.
ALTITUD	SITUADA A UNA ALTURA DE 3,399 M.S.N.M.

Figura 9

Ubicación de la ciudad universitaria en la ciudad de Cusco



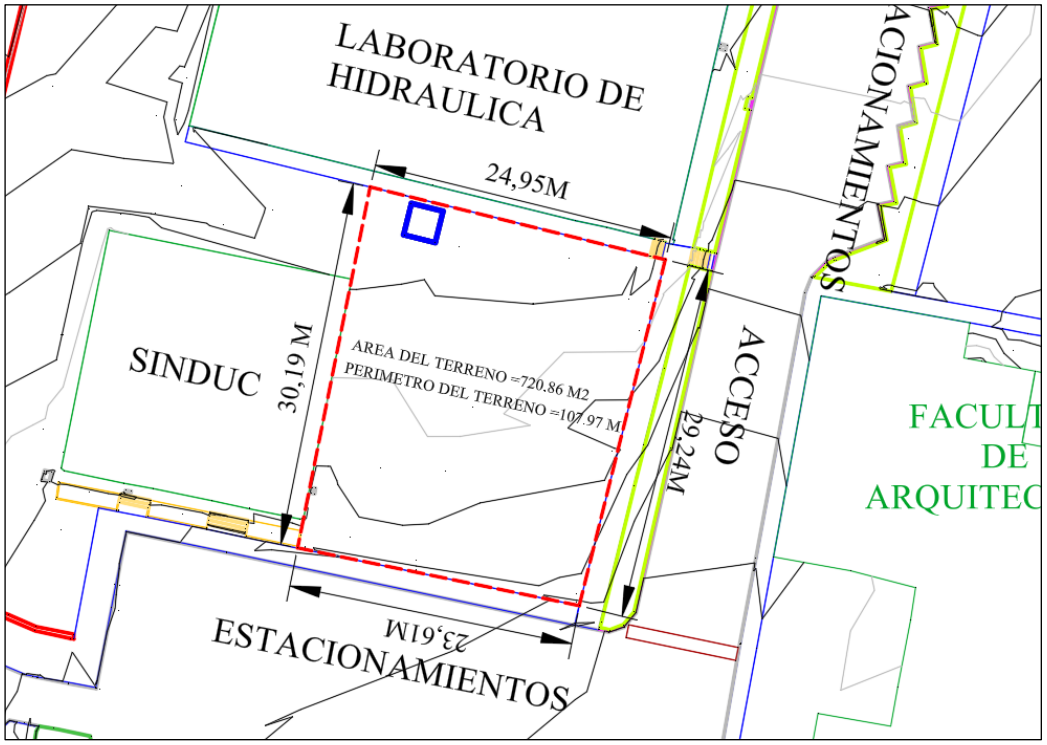
Figura 10
Ubicación del terreno dentro de la ciudad universitaria



1.3.2. Topografía del terreno

Según el plano topográfico del terreno, éste tiene un desnivel de 0.5m, empezando de la cota 3080 del lado de la calle frontal. El desnivel aumentando hasta la cota 3084 generando una pendiente de 4.5%. Está pendiente se analizará previamente para ser aprovechado para el diseño arquitectónico del edificio de laboratorios. El área del terreno es de 575 m2 y un perímetro de 108.0 ml.

Figura 11
Plano topográfico y perimétrico



Fuente: Elaboración propia

Figura 12
Perfil topográfico b-b



Fuente: Elaboración propia

El terreno elegido actualmente está siendo utilizado como una zona para extracción de muestras de calicatas para ensayos geotécnicos de la Facultad de Ingeniería Civil. Las mayores pendientes están en la parte posterior del terreno cerca al laboratorio de hidráulica.

1.3.3. Morfología del terreno

La forma que tiene el terreno es de un rectángulo irregular y las medidas del terreno son:

Por el Frente (Lado Oeste):

Colinda con el SINDUC, en una línea recta de medida: 30.19 ml.

Por la derecha Entrando (Lado Norte):

Colinda con el laboratorio de hidráulica, una línea de un solo tramo, que mide 24.95 ml.

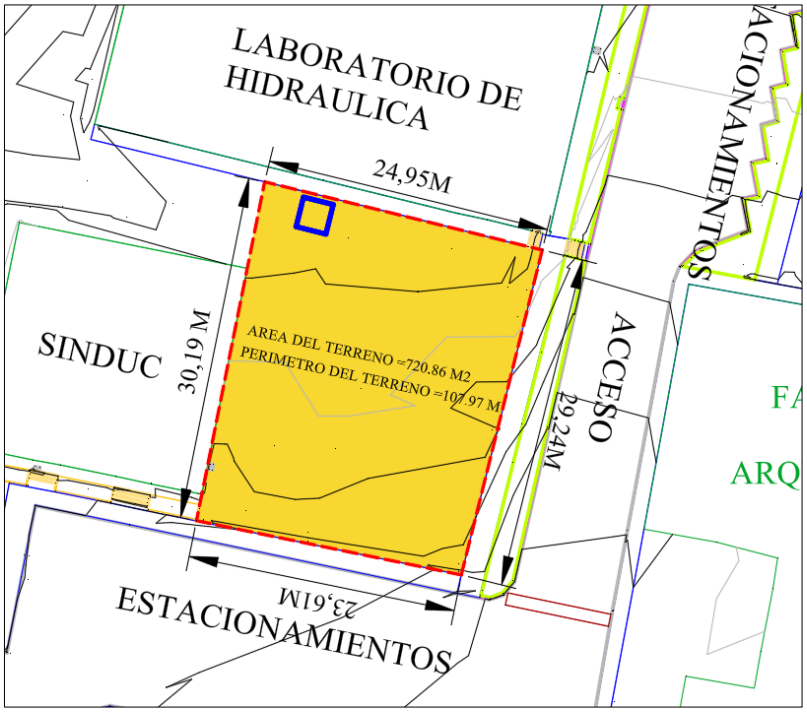
Por la izquierda Entrando (Lado Sur):

Colinda con la calle de la puerta de ingreso N° 6, un solo tramos, que mide 23.61 ml.

Por el Fondo (Lado Este):

Colinda con la calle aledaña a la facultad de Arquitectura, mide en una línea recta que mide 29.24 ml.

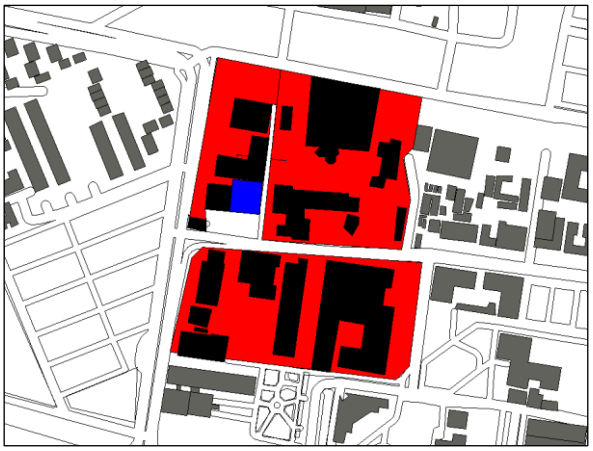
Figura 13
La forma del terreno

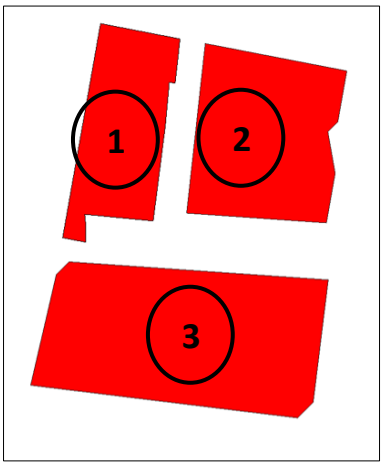


Fuente: Elaboración propia

Análisis de la tipología de la manzana y edificatorio.

Figura 14
Áreas dentro de la ciudad universitaria

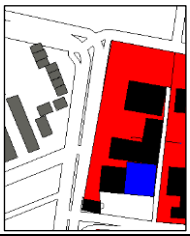


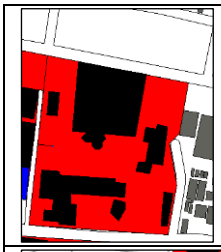


Fuente: Elaboración propia

Dentro de la ciudad universitaria se divide en tres áreas aledañas al laboratorio de hidráulica en mención y se observa que las edificaciones cercanas tienen cinco pisos como máximo.

Tabla 7
Análisis de tipología de áreas aledañas y edificaciones

Tipologia de manzana	Descripción
	De forma irregular, este alrededor de 4 calles, 2 externas y 2 internas, tiene dos accesos desde la vereda, tiene dos pisos como máximo las construcciones presentes.

	De forma irregular, este alrededor de 4 calles, 1 externa y 3 internas, tiene tres accesos desde la vereda, tiene cinco pisos coma máximo las construcciones presentes.
	forma rectangular, este alrededor de 4 calles, 1 externa y 3 internas, tiene tres accesos desde la vereda, tiene cinco pisos coma máximo las construcciones presentes.

Fuente: Elaboración propia

1.3.4. Características de cada zona

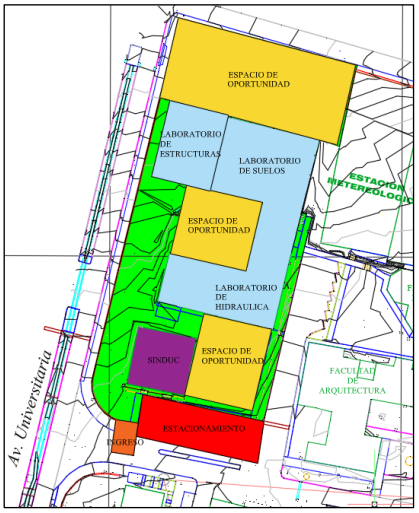
- **Zona 1**

Esta zona se encuentra el laboratorio de hidraulica, laboratorio de sueslo, laboratorio de estructuras, SINDUC, área de estacionamiento, puerta de ingreso, todas estas edificaciones están dentro del eje vial, construidos tipo pabellones con fachada hacia la vía o alguna circulación.

En la zona uno, podemos apreciar que la gran parte que ocupa el espacio son laboratorios construidos y con áreas verdes exteriores, las fachadas están direccionadas hacia la vía, y en la parte posterior de estos bloques se observa que hay espacios vacíos y sin función alguna el cual se encuentran como depósitos de las pruebas del laboratorio de suelos de varios años. Se puede apreciar también que existe área verde sin ningún tratamiento alguno, en esta zona si se cuenta con arborización en las partes de las vías y finalmente el espacio de oportunidad frontal se encuentra libre donde actualmente se realizan calicatas para la extracción de muestras para las pruebas geotecnicas.

Figura 15

Edificaciones en la zona 1



LEYENDA	
AREA VERDE	
FACULTADES	
LABORATORIOS	
SINDUC	
ESPACIO DE OPORTUNIDAD	
ESTACIONAMIENTO	
PUERTA DE INGRESO	

Fuente: Elaboración propia

Figura 16

Altura de las edificaciones



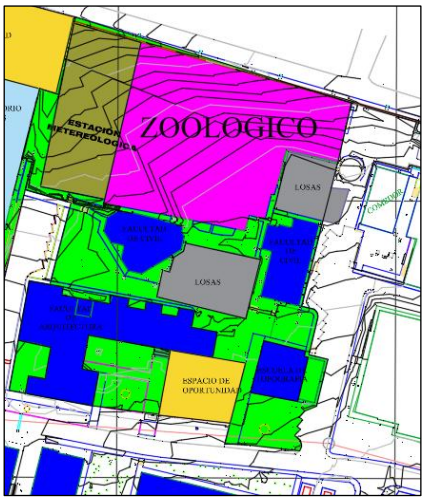
Fuente: Elaboración propia

- **Zona 2**

Esta zona se encuentra también en el anillo vial, excepto en el norte que esta rodeado por el cerco perimetrico, aquí se encuentra la estación meteoróloga, zoológico, losas o canchas de concreto, facultad de ING Civil y facultad de arquitectura.

Se observa que las fachadas de las edificaciones están hacia la vía y depende mucho de esta vía para poder acceder. En esta zona solo encontramos un pequeño espacio libre, también se observa que el área verde si cuenta con tratamiento o mantenimientos y si se encuentra con áreas arborizadas en la facultad de ING civil principalmente.

Figura 17
Edificaciones en la zona 2



LEYENDA	
AREA VERDE	
FACULTADES	
LABORATORIOS	
ESPACIO DE OPORTUNIDAD	
ZOOLOGICO	
LOSAS	
ESTACION METEOROLOGICA	

Fuente: Elaboración propia

Figura 18
Altura de edificaciones

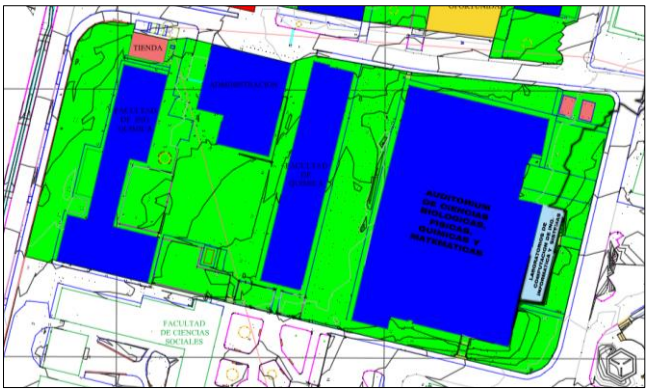


Fuente: Elaboración propia

- **Zona 3**

Se observa que la fachada de este edificio da hacia la vía y plazas, esta zona se encuentra las facultades de ingeniería de industrias alimentarias, economías contables, administración y turismo, ciencias, educación y ciencias de la comunicación, ambiente, minas, biblioteca y aulas taller. se puede apreciar que existe espacios amplios sin ningún tipo de uso dentro de ella existe material residual de construcción, también se observó que, entre el muro perimétrico y la espalda de las edificaciones, ahí se forman espacios sin ningún tipo de uso y aislados, espacios residuales, botaderos de material de construcción y residuos sólidos.

Figura 19
Edificaciones en la zona 3



LEYENDA	
AREA VERDE	
FACULTADES	
LABORATORIOS	
ESPACIO DE OPORTUNIDAD	
TIENDAS Y KIOSKOS	



Fuente: Elaboración propia

1.4. Evaluación de los servicios básicos

1.4.1. Servicios de Agua

Cusco y el distrito de Cusco se abastecen del agua potable a través de tres fuentes importante de rio que son:

• La empresa SEDACUSCO, con una tubería PVC de 1/2".

En la actualidad la entidad que administra es servicios de agua potable y alcantarillado es SEDACUSCO. La cobertura del servicio es del 100% pero en la actualidad si se cuenta con el servicio de agua potable en toda la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

Figura 20
Conexión automatizada en el área de terreno de interés



Fuente: Elaboración propia

1.4.2. Servicio de desagüe

El abastecimiento y mantenimiento está a cargo de SEDACUSCO, el cual tiene sus instalaciones en todos los alrededores de la ciudad universitaria, el terreno donde se va proponer el proyecto está ubicado en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco el cual cuenta con este servicio.

Figura 21
Conexión de desagüe al costado del área de terreno de interés



Fuente: Elaboración propia

1.4.3. Energía eléctrica

La empresa que se encarga del servicio de energía eléctrica es la empresa Electro Sur Este para su abastecimiento y mantenimiento en todo el distrito de Cusco. El cual abastece continuamente a toda la ciudad universitaria y el alumbrado público recorre las calles dentro y fuera de la universidad.

Figura 22
Alumbrado público



Fuente: Elaboración propia

1.5. Análisis de la ciudad universitaria dentro del muro perimétrico.

La ciudad universitaria empezó planificándose a través de un eje vial principal (de uso vehicular y peatonal), que rodea los laboratorios de ING civil, se tiene dos accesos para aprovechar el espacio aledaño a la AV: universitaria y la AV. Collasuyo ya que se cuenta con un cerco perimétrico el cual impide tener accesos exteriores y también por la seguridad del campus universitario, de esta manera se está generando dos accesos internos en las zonas de laboratorios. Después las otras construcciones como el laboratorio de estructuras se planteó y construye en base al segundo acceso peatonal que probablemente también se convierta en acceso vehicular ya que se cuenta con el ancho mínimo requerido y así lograr proyectar más adelante y otros espacios complementarios y siempre muy dependiente del anillo vial que se

inició al principio, así las actividades académicas y de circulación de la comunidad estudiantil gira alrededor de un sistema cerrado delimitado por un cerco perimétrico.

Para poder saber lo que está pasando en la ciudad universitaria vamos a analizar más detalladamente el lugar.

Figura 23
Eje vial antes y después



Fuente: Elaboración propia

1.5.1. Situación actual dentro de la ciudad universitaria

Dentro de la ciudad universitaria se puede observar que el anillo vial divide el campus universitario en tres zonas. En cada zona se tiene características diferentes, por parte de la zona 1, se tiene el proyecto en mención, la zona de laboratorios, en la Zona 2 se tiene la Facultad de

ING. Civil el centro meteorológico, Facultad de Arquitectura y Zoológico, y finalmente en la zona 3 se tiene la zona de facultades de Química y biología.

Podemos puntualizar que las tres zonas analizadas se tiene un patrón en común para uso educativo, que en resumen nos indica que la zona 1 es exclusivamente para uso de laboratorios, la zona 2 se está usando facultades en su mayoría y finalmente la zona 3 de igual manera se está usando para facultades en su mayoría.

1.5.2. Parámetros urbanísticos y edificatorios.

Para el inmueble, ubicado entre la Av. Universitaria con Av. De la cultura, que está comprendido dentro de la jurisdicción del distrito de Cusco, estos son los siguientes parámetros para el terreno que se consideró según la información del plano de Zonificación.

Tabla 8
Cuadro de Parámetros Urbanísticos

Descripción	Detalle
Distrito	Cusco
Zonificación	I1-R8
Altura máxima	30m (10 pisos)
Densidad neta máxima (Hab/ha)	2250 Hab/Ha
Área libre	30%
Coeficiente de edificación	7
Frente mínimo	20 m
Área bruta total	720.86 m²
Área útil	720.86 m²
Compatible con usos de Educación Superior Universitaria	Sí
Compatibilidad de usos de suelo	Compatible

Fuente: Elaboración propia

1.6. Propuesta del proyecto urbano arquitectónico

1.6.1. Conceptualización del objeto urbano arquitectónico

1.6.1.1. Ideograma conceptual

Concepto

“El Edificio de Laboratorios de hidráulica”

El edificio de laboratorios de ingeniería civil, es un lugar de encuentro que relaciona a los alumnos y al docente, se caracteriza por ser espacios de contacto con el exterior de diferentes puntos del edificio, son espacios de interrelación social, experimentación y por el cual se trasfiera el conocimiento.

Son espacios que se puede visualizar las áreas verdes exteriores y se puede visualizar en estos espacios de reunión a los profesores y alumnos. Son espacios de cooperación mutua, son espacios que trasforman, son espacios de confianza, son espacios de contacto con la naturaleza, son espacios que interrelaciona e involucra a todos con un solo objetivo que es la enseñanza aprendizaje.

Se proyecta una edificación complementaria de dos niveles de concreto armado. El uso de cada nivel será de la siguiente manera: el primer nivel estará compuesto por Hall de ingreso, Ambiente de modelos hidráulicos a escala, Taller de carpintería y metales (modelos hidráulicos), Taller de electrónica (equipos hidrométricos), Servicio higiénico varones, Servicio higiénico mujeres, Servicio higiénico discapacitados, Cuarto de máquinas, Área de suministro y tratamiento de agua, Cuarto de limpieza y Deposito 01. El segundo nivel consta de oficina de jefe de laboratorio incluyendo el star, secretaria y Servicio higiénico privado, Oficina de jefe de investigación, Servicios higiénicos y Oficina 1 (Oficina de Investigación).

El área aproximada de la edificación complementaria es de 575 m² aproximadamente. Las luces son de 6.0 m aproximadamente entre ejes y de 3.75 m para los ejes perpendiculares a los anteriores.

Figura 24
Conceptualización fachada

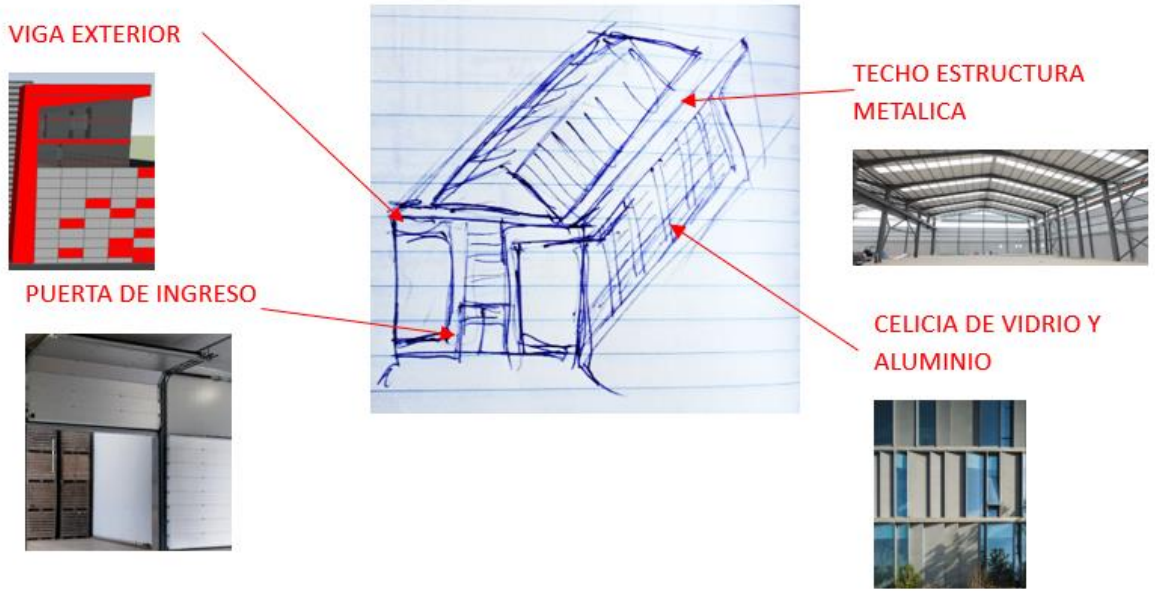
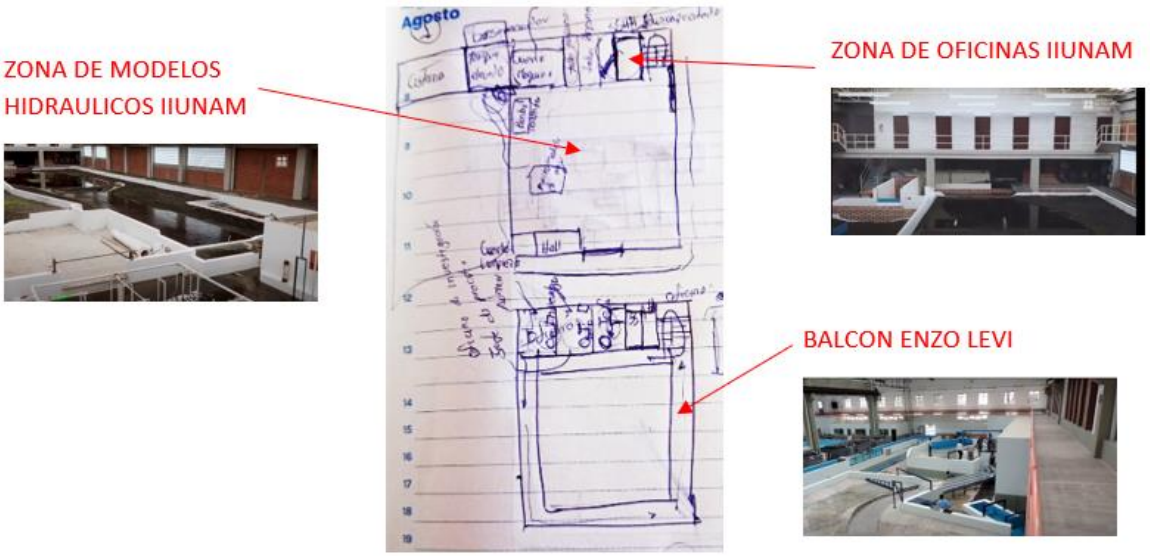


Figura 25
Conceptualización planta



ANEXO 3.2:
DISEÑO ESTRUCTURAL

MEMORIA DE CÁLCULO DE LABORATORIO DE HIDRÁULICA

TESIS:

TESIS: “SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024”

DEPARTAMENTO	**:**	CUSCO
PROVINCIA	**:**	CUSCO
DISTRITO	**:**	CUSCO
DIRECCIÓN	:	AV. DE LA CULTURA 773

2024

1. GENERALIDADES

1.1. OBJETIVO

El objetivo de esta memoria es el de servir de complemento a los planos de estructuras para proporcionar una mejor comprensión de todo el Proyecto Estructural.

La presente memoria corresponde al análisis y diseño estructural de las estructuras del proyecto de Tesis Titulado **"SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"**, para la estructura del laboratorio de Hidráulica.

1.2. NORMAS EMPLEADAS

En todo el proceso de análisis y diseño se utilizarán las normas comprendidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.):

- Cargas Norma E.020
- Diseño Sismorresistente Norma E.030
- Suelos y Cimentaciones Norma E.050
- Concreto Armado E.060
- Estructuras Metálicas E.090

Se entiende que todos los Reglamentos y Normas están en vigencia y/o son de la última edición.

2. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

2.1. ESTRUCTURACIÓN

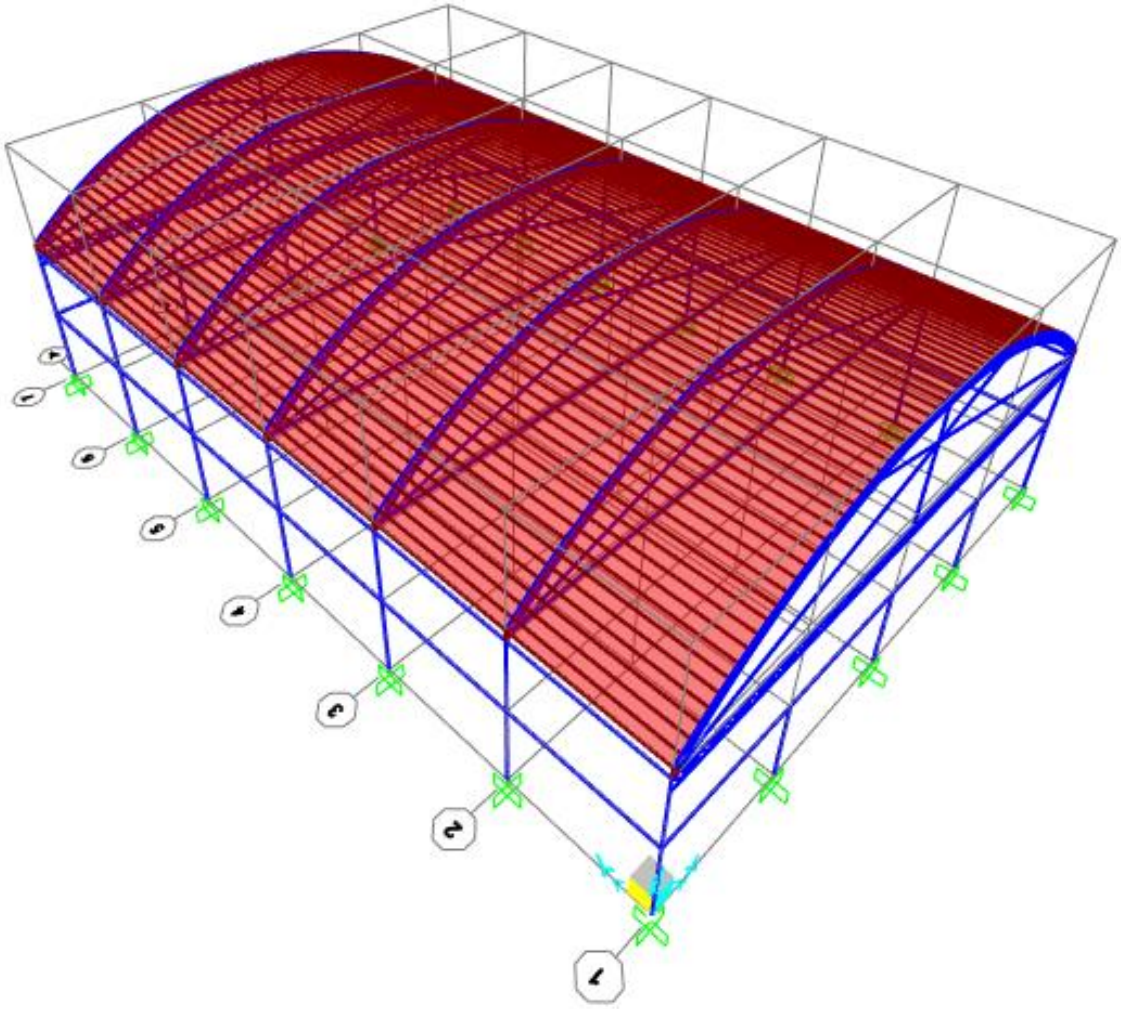
La altura del techo metálico es de **11.30 m** ubicado sobre el Laboratorio de Hidráulica de la facultad de Ingeniería Civil.

El sistema estructural consta de:

- *Estructura reticulada con tubos metálicos de sección rectangular ASTM LAC A500 Gr B de 50x100mm de e=2.5mm para la brida superior, de 50x100mm de e=3.0mm para la brida inferior, diagonales de 50x50x2.5mm.*
- *Vigas laterales de concreto Armado de sección rectangular 50x60cm concreto f'c=210 kg/cm2*

- *Vigas laterales (B) con tubos metálicos de sección rectangular ASTM LAC A500 Gr B de 100x100mm de e=2.5mm.*
- *Correas con tubos metálicos de sección rectangular ASTM LAC A500 Gr B de 40x80mm de e=2mm.*
- *Columnas de concreto Armado de sección rectangular 50x60cm concreto f'c=210 kg/cm2*

A continuación, se muestra la configuración de la estructura a diseñar:



2.2. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades del Acero Estructural ASTM A36

- Peso unitario P.U: 7850 kg/m^3
- Módulo de Elasticidad Es: 2000000 kg/cm^2
- Módulo de Poisson μ: 0.30
- Límite de fluencia mínimo Fy: 2530 kg/cm^2
- Resistencia a la tracción Fu: 4080 kg/cm^2

Propiedades del Acero Estructural ASTM A500 Grado B

- Peso unitario P.U: 7850 kg/m^3
- Módulo de Elasticidad Es: 2000000 kg/cm^2
- Módulo de Poisson µ: 0.30
- Límite de fluencia mínimo Fy: 2957 kg/cm^2
- Resistencia a la tracción Fu: 4080 kg/cm^2

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y CONSIDERACIONES DE CIMENTACIÓN

De acuerdo a las indicaciones del Estudio de Mecánica de Suelos realizado, las consideraciones a tomar en cuenta para el presente proyecto son las siguientes:

- Peso Específico : 1.60 Tn/m^3
- Carga de Presión Admisible : q_{adm} = 1.43 kg/cm^2 para profundidad de cimentación de 1.60 m de la calicata C-01, cuyo valor es el menor (según EMS ítem XVI Conclusiones y Recomendaciones).
- Asentamiento estimado : 4.5 mm (dentro de lo permitido)
- Cota de Fundación : D_f = 1.60 m (mínimo)
- Nivel Freático : No presenta
- Perfil del Suelo : S_2 (Zona 2)

La cimentación considerada está conformada básicamente por zapatas conectadas y por cimientos corridos donde corresponda.

3. ESTADOS DE CARGA Y COMBINACIONES DE CARGA

3.1. ESTADOS DE CARGA

El Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E-020 de Cargas establece los valores mínimos a utilizar para las diversas solicitaciones y posterior diseño de cualquier elemento estructural.

Para el diseño se debe de considerar principalmente los siguientes tipos de cargas:

- **Carga Muerta (D):** El valor de las Cargas Muertas empleadas comprende el peso propio de los elementos estructurales (arcos, viguetas, arriostres, columnas, planchas, etc.)
- **Carga Viva (L):** El valor de Carga Viva empleada es de 30 kg/m^2 (coberturas).

- **Carga de Nieve (S):** Para el caso en el que pudiera haber acumulación de nieve en los techos. La carga de nieve debe considerarse como carga viva y se tomará el valor de 40kg/m^2 que equivale a 0.40 m de nieve fresca o 0.20 m de nieve compactada.
- **Cargas Laterales (W):** Se considera las cargas de viento. En el caso de las estructuras de acero, por su peso propio relativamente bajo y grandes superficies expuestas a la acción del viento, las cargas del viento pueden ser más importantes que las cargas debidas al sismo.
- **Carga de Sismo (E):** Son aquellas que se generan por la acción sísmica sobre la estructura siguiendo los parámetros establecidos en la Norma E-030 de Diseño Sismorresistente.

3.1.1. CARGA MUERTA

Para calcular los pesos de los elementos estructurales y no estructurales, se han considerado los siguientes pesos (dados por la norma técnica E.020 Cargas):

Pesos Unitarios

- Acero Estructural : 7850 kg/m^3

Pesos por Unidad de Área o Longitud

- Peso Calaminón curvo : 8.5 kg/m^2
- Peso de correas : 4.8 kg/m^2

PESO CORREAS		
Longitud Total de techo:		33.44 m
Nro. De correas:		27
Peralte:	d =	8 cm
Ancho:	b_f =	4 cm
Espesor:	t_f =	0.20 cm
Altura:	h =	7.6 cm
Espesor:	t_w =	0.20 cm
Área total:	A_g =	4.64 cm2
Peso total de correas:		3288.7 Kg
Peso de correas por área:		**4.8 Kg/m2**

3.1.2. CARGA VIVA

Para calcular las cargas vivas que actúan en los diferentes elementos estructurales del edificio, se han considerado las siguientes sobrecargas (dados por la norma técnica E.020 Cargas):

- Carga viva de Techo : 30 kg/m^2

3.1.3. CARGAS LATERALES

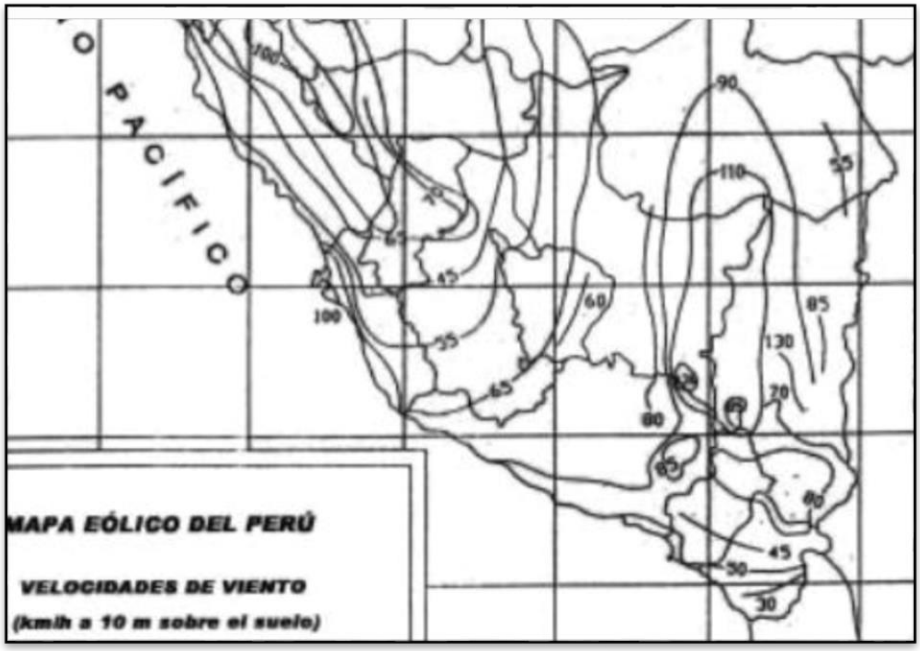
Para calcular las cargas laterales que actúan en los diferentes elementos estructurales del proyecto, se han considerado los siguientes coeficientes (dados por la norma técnica E.020 Cargas):

FACTORES DE FORMA (C) *

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0.8	-0.6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	±0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 -0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.7 -0.3	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6
* El signo positivo indica presión y el negativo succión.		

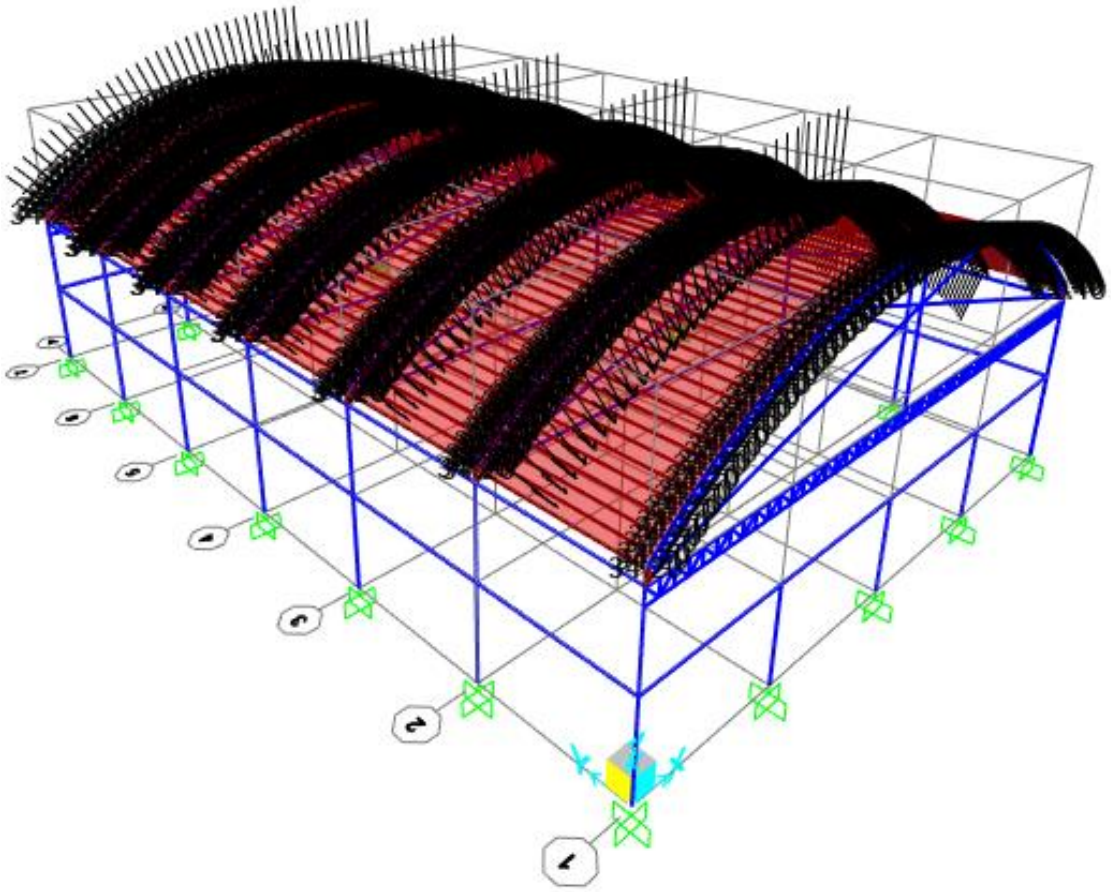
- Velocidad de diseño hasta 10 m de altura: V = 90 kph
- Altura sobre el terreno: h = 11.30 m
- Velocidad de diseño: V_h = 92 kph
- Factor de forma:
  - Barlovento: C = +0.8 C = -0.8
  - Sotavento: C = -0.5

Para la velocidad de diseño se consideró el anexo 2 de la Norma E.020 del R.N.E.

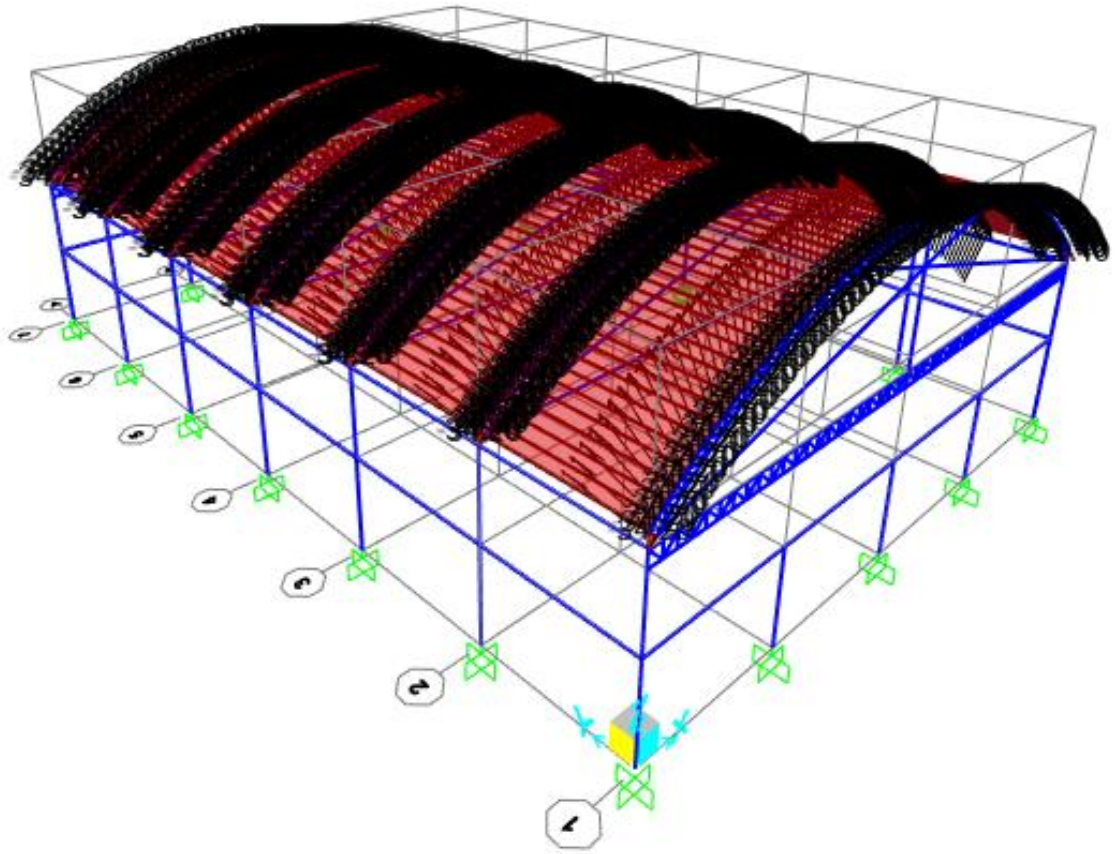


Asignación de carga de viento:

Presión barlovento, succión sotavento



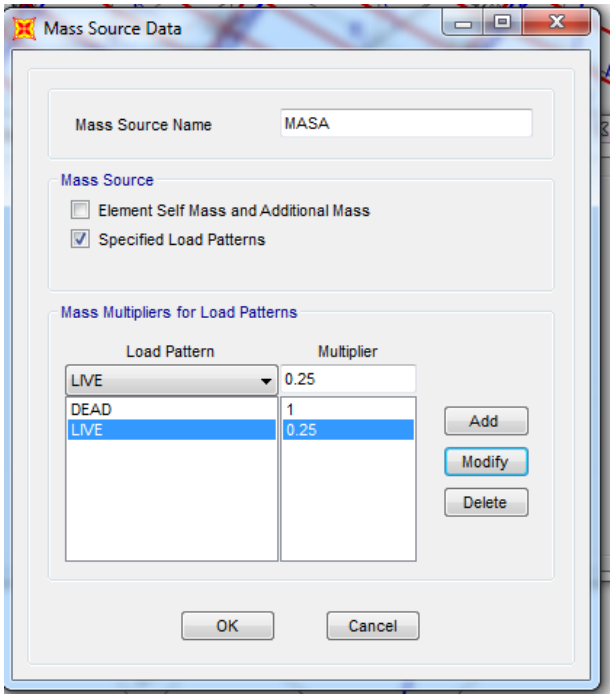
Succión barlovento, succión sotavento



3.1.4. CARGAS DE SISMO

Los eventuales movimientos sísmicos del terreno de cimentación pueden introducir fuerzas dinámicas horizontales y verticales que solicitan los diferentes elementos estructurales de la edificación, las cuales se calcularon en base a la Norma Técnica de Diseño Sismorresistente E.030 (Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE, vigente en nuestro país).

Para la estimación del Peso se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación y 25% de la carga viva para techos.



3.2. COMBINACIONES DE CARGA

El método de diseño a emplear es el de factores de carga y resistencia LRFD.

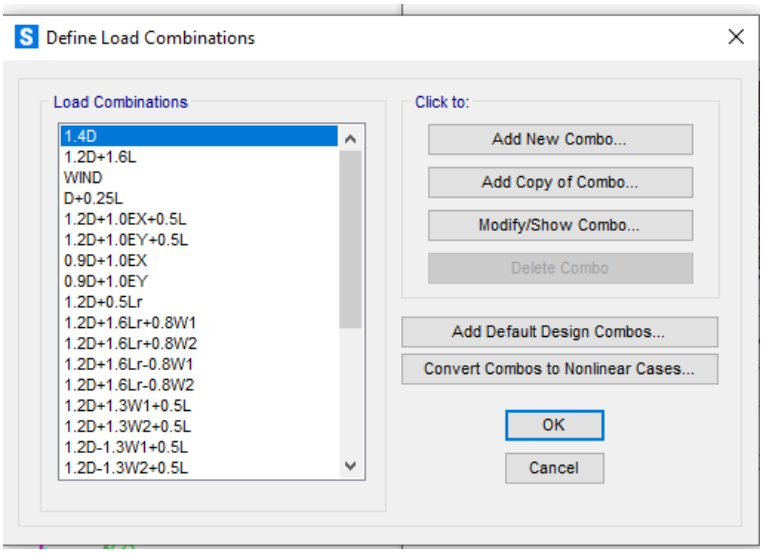
Se utilizarán las combinaciones indicadas en la norma E.090 Estructuras Metálicas, para el método LRFD:

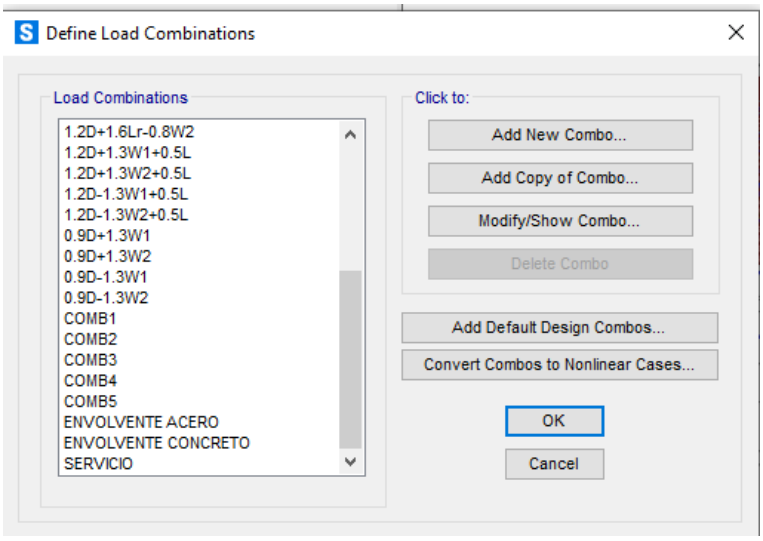
- 1.4 D
- 1.2 D + 1.6 L + 0.5 (Lr ó S ó R)
- 1.2 D + 1.6 (Lr ó S ó R) + (0.5 L ó 0.8 W)
- 1.2 D + 1.3W + 0.5 L + 0.5 (Lr ó S ó R)
- 1.2 D ± 1.0 E + 0.5 L + 0.2 S
- 0.9 D ± (1.3 W ó 1.0 E)

Donde:

- D: Carga muerta.
- L: Carga viva.
- Lr: Carga viva en azoteas.
- W: Carga de viento.
- S: Carga de nieve.
- E: Carga de sismo de acuerdo a la norma E.030 Diseño Sismorresistente.
- R: Carga por lluvia o granizo.

A continuación se muestra las combinaciones de carga utilizadas en el presente proyecto:





4. ANÁLISIS SÍSMICO

El objetivo del análisis sísmico es analizar si el proyecto cumple con las solicitaciones sísmicas propuestas por la Norma E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

4.1. PARÁMETROS SÍSMICOS

PARÁMETROS DE SITIO Y USO:

Factores		Descripción
Z	0.25	Zona 2
U	1.3	Categoría “B”
S	1.2	Suelo Intermedio “S_2”
T_P	0.6	Suelo Intermedio “S_2”
T_L	2.0	Suelo Intermedio “S_2”

FACTORES DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA:

Representa la amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo.

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_P \qquad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \qquad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_P}{T_L} \right)$$

$$T > T_L \qquad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2} \right)$$

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA:

Este coeficiente representa la capacidad de deformación que tiene un sistema estructural, donde:

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
SISTEMA ESTRUCTURAL	**Coeficiente Básico de Reducción R_o (*)**
ACERO	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8

(*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

4.2. ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.

4.2.1. FUERZA CORTANTE EN LA BASE

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \qquad R = R_o I_a I_p$$

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

Donde:

- Z: factor de zona.
- U: factor de importancia de uso.
- C: coeficiente de amplificación sísmica.
- R: coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.
- P: peso de la edificación.

4.2.2. DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA SÍSMICA EN ALTURA

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i, correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum P_j (h_j)^k}$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: k = 1,0.
b) Para T mayor que 0,5 segundos: k = (0,75 + 0,5 T) ≤ 2,0.

4.2.3. PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN

El período natural de vibración del edificio correspondiente al primer modo se puede estimar aproximadamente mediante la fórmula:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

- T: periodo natural de vibración del edificio.
- h_n: altura total de la edificación.
- C_T: coeficiente que depende de la estructuración del edificio.

4.2.4. RESUMEN DEL ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICIOS - ANÁLISIS ESTÁTICO

PROYECTO : CREACION DEL ESCENARIO DEPORTIVO CON GRASS SINTETICO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE ANANSAYA, DISTRITO DE CHINCHAYPUJIO – PROVINCIA DE ANTA – DEPARTAMENTO DEL CUSCO
UBICACIÓN: COMUNIDAD DE ANANSAYA
FECHA : SETIEMBRE DEL 2023

PARÁMETROS DE SITIO Y USO

Factor de Zona : $Z = 0.25$
Factor de Uso : $U = 1.30$
Factores de Suelo : $S = 1.20$
$T_P = 0.60$ seg
$T_L = 2.00$ seg

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA

Coeficiente Básico de Reducción : $R_o = 8$
Irregularidad en altura : $I_a = 1$
Irregularidad en planta : $I_p = 1$
Coeficiente de Reducción Sísmica: $R = 8$

FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA

Altura Total del Edificio : $h_n = 11.15$ m
Elemento Resistente : $C_T = 35$
Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento
Periodo Fundamental : $T = 0.319$ seg
Factor de Amp. Sísmica : $C = 2.5$

COEFICIENTE BASAL

$ZUCS/R = 0.122$
$k = 1.00$
$C/R = 0.313$

CORTANTE BASAL

$V = 8.75$ Tn

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
SESTX	LinStatic	-8.7521	-5.894E-13	-8.435E-12	-2.378E-10	-61.83857	141.78422
SESTY	LinStatic	7.333E-12	-8.7521	4.909E-12	61.83857	-9.935E-11	-98.45074

4.3. ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO

Según la Norma Sismorresistente (E-030), el análisis dinámico de las edificaciones podrá realizarse mediante procedimientos de combinación espectral o por medio de análisis tiempo-historia. Debido a que el proyecto es convencional, usaremos el procedimiento de combinación espectral.

4.3.1. MODOS DE VIBRACIÓN

Para determinar los periodos naturales y modos de vibración se usó el programa SAP 2000, donde se considera el número de modos de vibración necesarios para garantizar más del 90% de la participación de la masa sísmica.

En la tabla siguiente, se muestran todos los modos de vibración de las estructuras del proyecto con los periodos y masas participantes que le corresponde, resaltando con rojo el porcentaje acumulado de la masa participativa en el momento que supera el 90%.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios							
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.826263	5.133E-14	0.004806	5.133E-14	0.004806
MODAL	Mode	2	1.820319	1.086E-13	0.003995	1.599E-13	0.008801
MODAL	Mode	3	0.676888	6.98E-12	0.338712	7.14E-12	0.347513
MODAL	Mode	4	0.662777	0.000000014	9.541E-08	1.401E-08	0.347513
MODAL	Mode	5	0.660752	0.000000019	1.008E-07	3.301E-08	0.347513
MODAL	Mode	6	0.359243	0.437364	1.038E-11	0.437364	0.347513
MODAL	Mode	7	0.340194	1.766E-10	0.000767	0.437364	0.34828
MODAL	Mode	8	0.339196	6.256E-10	0.000376	0.437364	0.348656
MODAL	Mode	9	0.31325	9.265E-07	3.354E-09	0.437365	0.348656
MODAL	Mode	10	0.23583	3.423E-14	0.159588	0.437365	0.508244
MODAL	Mode	11	0.235609	1.779E-11	5.847E-09	0.437365	0.508244
MODAL	Mode	12	0.205004	2.085E-09	6.979E-12	0.437365	0.508244
MODAL	Mode	13	0.204407	7.578E-09	1.169E-12	0.437365	0.508244
MODAL	Mode	14	0.19432	6.832E-07	2.299E-12	0.437365	0.508244
MODAL	Mode	15	0.170021	2.749E-13	1.224E-11	0.437365	0.508244
MODAL	Mode	16	0.169669	0.00000007	1.389E-11	0.437365	0.508244
MODAL	Mode	17	0.157219	6.038E-09	0.000003875	0.437365	0.508248
MODAL	Mode	18	0.152536	5.179E-11	0.003122	0.437365	0.51137
MODAL	Mode	19	0.144673	2.601E-11	1.39E-08	0.437365	0.51137
MODAL	Mode	20	0.1399	1.994E-11	0.010149	0.437365	0.521518
MODAL	Mode	21	0.137812	6.062E-09	0.000068	0.437365	0.521586
MODAL	Mode	22	0.134762	0.071297	5.247E-10	0.508662	0.521586
MODAL	Mode	23	0.133644	3.483E-09	0.008436	0.508662	0.530022
MODAL	Mode	24	0.130499	4.004E-13	0.013144	0.508662	0.543166
MODAL	Mode	25	0.130301	3.754E-11	5.07E-08	0.508662	0.543167
MODAL	Mode	26	0.125414	3.147E-11	0.011257	0.508662	0.554423
MODAL	Mode	27	0.12367	3.413E-09	2.368E-12	0.508662	0.554423
MODAL	Mode	28	0.122431	5.01E-12	6.224E-07	0.508662	0.554424
MODAL	Mode	29	0.121694	2.938E-13	0.000056	0.508662	0.55448
MODAL	Mode	30	0.121518	5.841E-13	0.001771	0.508662	0.556251
MODAL	Mode	31	0.115101	1.635E-12	0.001061	0.508662	0.557312
MODAL	Mode	32	0.114604	4.218E-07	5.491E-12	0.508662	0.557312
MODAL	Mode	33	0.11319	5.728E-08	3.411E-12	0.508663	0.557312
MODAL	Mode	34	0.106719	0.01757	3.828E-12	0.526233	0.557312
MODAL	Mode	35	0.101938	7.254E-08	3.522E-08	0.526233	0.557312
MODAL	Mode	36	0.101921	2.276E-13	0.000006098	0.526233	0.557318
MODAL	Mode	37	0.099	8.44E-09	1.202E-10	0.526233	0.557318
MODAL	Mode	38	0.098265	5.378E-07	1.407E-09	0.526233	0.557318
MODAL	Mode	39	0.089314	0.310397	2.698E-12	0.836631	0.557318
MODAL	Mode	40	0.088106	2.826E-10	8.671E-10	0.836631	0.557318
MODAL	Mode	41	0.087261	7.845E-08	1.07E-10	0.836631	0.557318
MODAL	Mode	42	0.086659	0.125587	6.823E-11	0.962218	0.557318
MODAL	Mode	43	0.086637	0.000368	2.631E-11	0.962586	0.557318
MODAL	Mode	44	0.085382	0.000001214	1.189E-10	0.962587	0.557318
MODAL	Mode	45	0.085255	6.552E-10	8.071E-09	0.962587	0.557318
MODAL	Mode	46	0.08444	1.392E-07	0.000033	0.962588	0.557351
MODAL	Mode	47	0.083167	0.001738	2.524E-10	0.964326	0.557351
MODAL	Mode	48	0.080972	2.228E-07	0.000364	0.964326	0.557715
MODAL	Mode	49	0.079248	1.006E-08	2.467E-08	0.964326	0.557715
MODAL	Mode	50	0.078796	2.252E-07	0.002473	0.964326	0.560188
MODAL	Mode	51	0.078095	0.000001065	1.099E-08	0.964327	0.560188
MODAL	Mode	52	0.078001	2.987E-07	0.000000133	0.964328	0.560188
MODAL	Mode	53	0.077529	1.486E-10	0.000008611	0.964328	0.560197
MODAL	Mode	54	0.077099	4.596E-08	4.012E-07	0.964328	0.560197
MODAL	Mode	55	0.076359	3.856E-09	4.397E-07	0.964328	0.560198
MODAL	Mode	56	0.076246	0.000005975	1.725E-07	0.964334	0.560198
MODAL	Mode	57	0.075886	3.309E-09	0.129443	0.964334	0.68964
MODAL	Mode	58	0.074295	2.184E-11	0.000565	0.964334	0.690206
MODAL	Mode	59	0.072498	1.711E-10	0.261641	0.964334	0.951846
MODAL	Mode	60	0.072118	0.010176	9.103E-08	0.974509	0.951846

4.3.2. ACELERACIÓN ESPECTRAL

La Norma Sismorresistente E-030 (Articulo 4.6.2), indica que para cada una de las direcciones analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo – aceleración, definido por:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales.

4.3.3. CRITERIOS DE COMBINACIÓN

El método de la combinación modal espectral que se usó para el análisis y diseño de la estructura del presente proyecto corresponde a la combinación cuadrática completa (CQC) sobre los máximos valores modales para estimar los valores de desplazamiento o fuerza.

4.3.4. RESUMEN DEL ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO

Para ambos sentidos XX e YY se tiene los mismos parámetros sísmicos. A continuación se muestra los resultados mediante una hoja de cálculo:

ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICIOS - ANÁLISIS DINÁMICO

PROYECTO : CREACION DEL ESCENARIO DEPORTIVO CON GRASS SINTETICO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE ANANSAYA, DISTRITO DE CHINCHAYPUJIO – PROVINCIA DE ANTA – DEPARTAMENTO DEL
UBICACIÓN: COMUNIDAD DE ANANSAYA
FECHA : SETIEMBRE DEL 2023

PARÁMETROS DE SITIO Y USO

Factor de Zona	:	Z = 0.25
Factor de Uso	:	U = 1.30
Factores de Suelo	:	S = 1.20
		T_P = 0.60 seg
		T_L = 2.00 seg

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA

Coeficiente Básico Reducción	:	R_o = 8
Irregularidad en altura	:	I_a = 1
Irregularidad en planta	:	I_p = 1
Coeficiente Reducción Sísmica	:	R = 8
		g = 9.81

ESPECTRO DE PSEUDO-ACELERACIONES

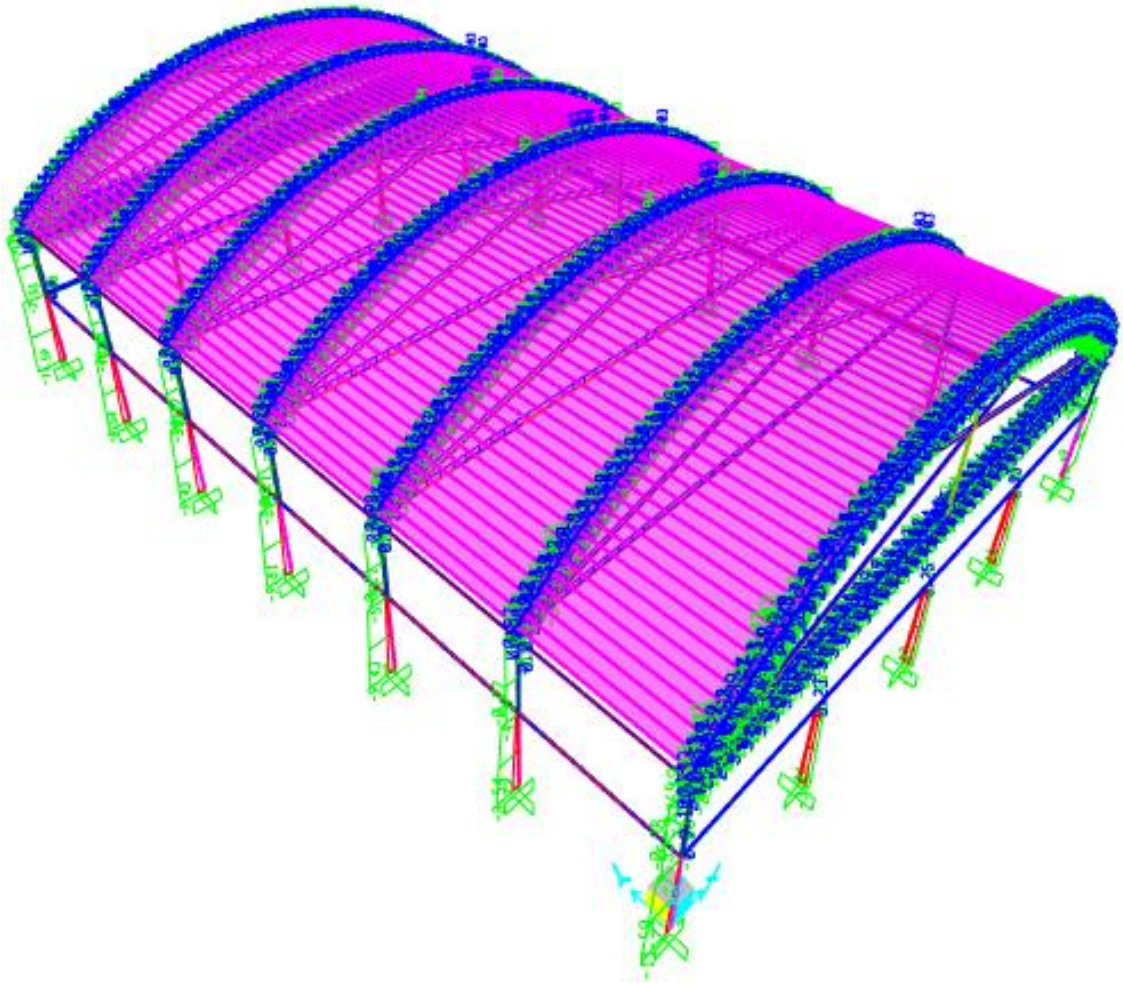
T (Periodo)	C	Sa (pseudo-aceleraciones)
0	2.500	1.196
0.1	2.500	1.196
0.2	2.500	1.196
0.3	2.500	1.196
0.4	2.500	1.196
0.5	2.500	1.196
0.6	2.500	1.196
0.7	2.143	1.025
0.8	1.875	0.897
0.9	1.667	0.797
1	1.500	0.717
1.5	1.000	0.478
2	0.750	0.359
2.5	0.480	0.230
3	0.333	0.159
4	0.188	0.090
5	0.120	0.057
6	0.083	0.040
7	0.061	0.029
8	0.047	0.022
9	0.037	0.018
10	0.030	0.014

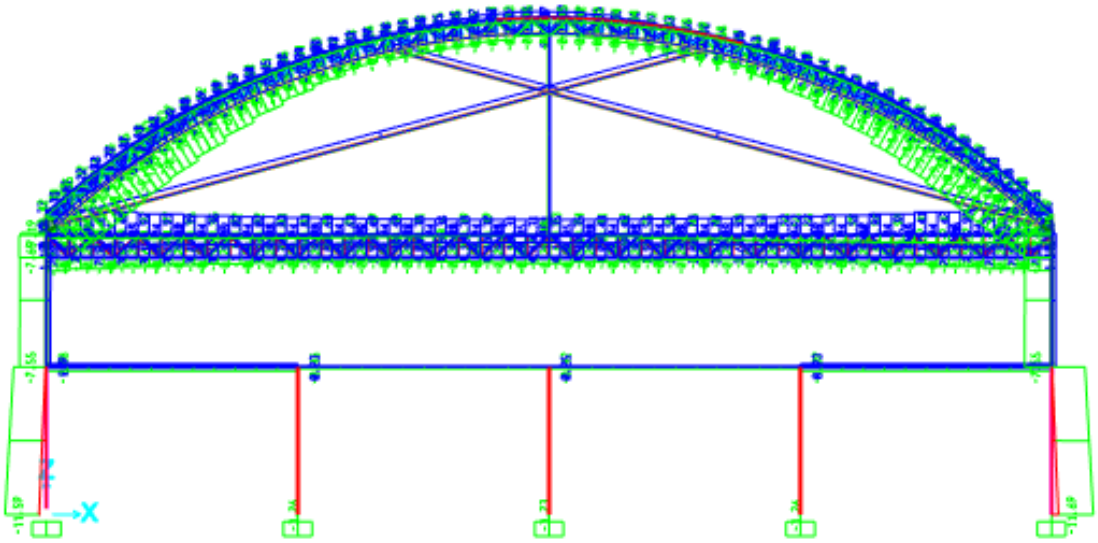


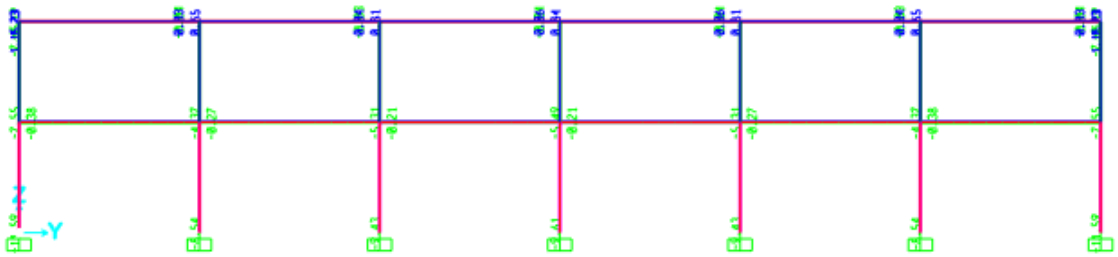
4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.4.1. DIAGRAMA DE ESFUERZOS

DIAGRAMA DE FUERZAS AXIALES







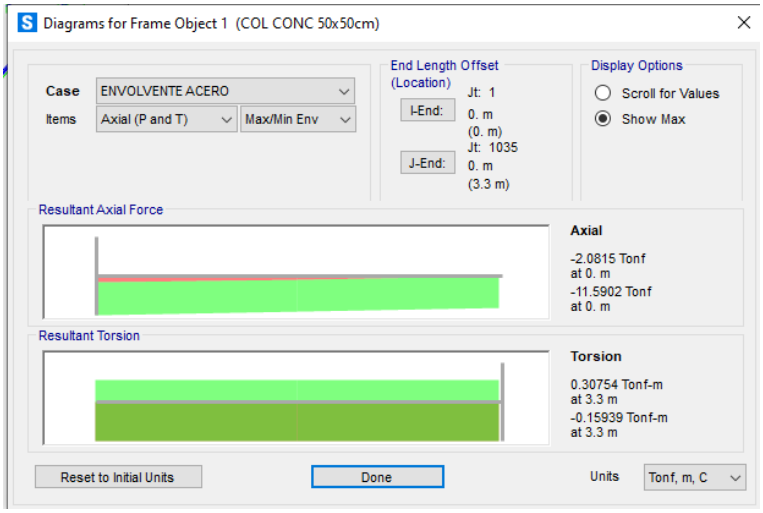
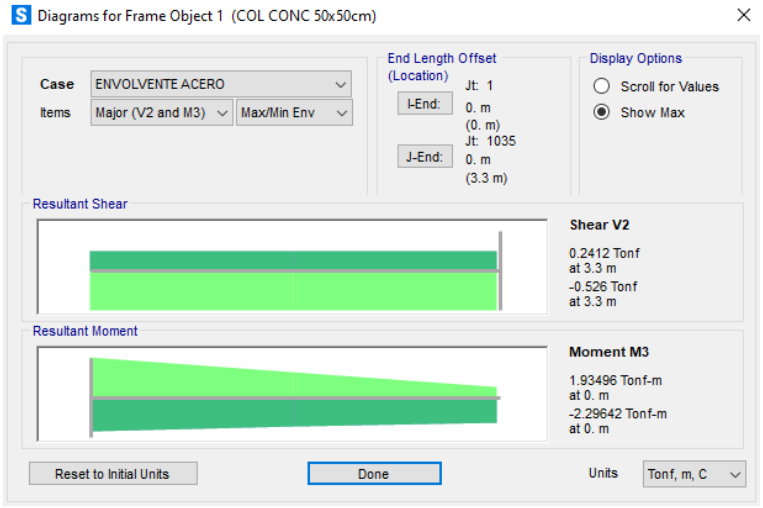
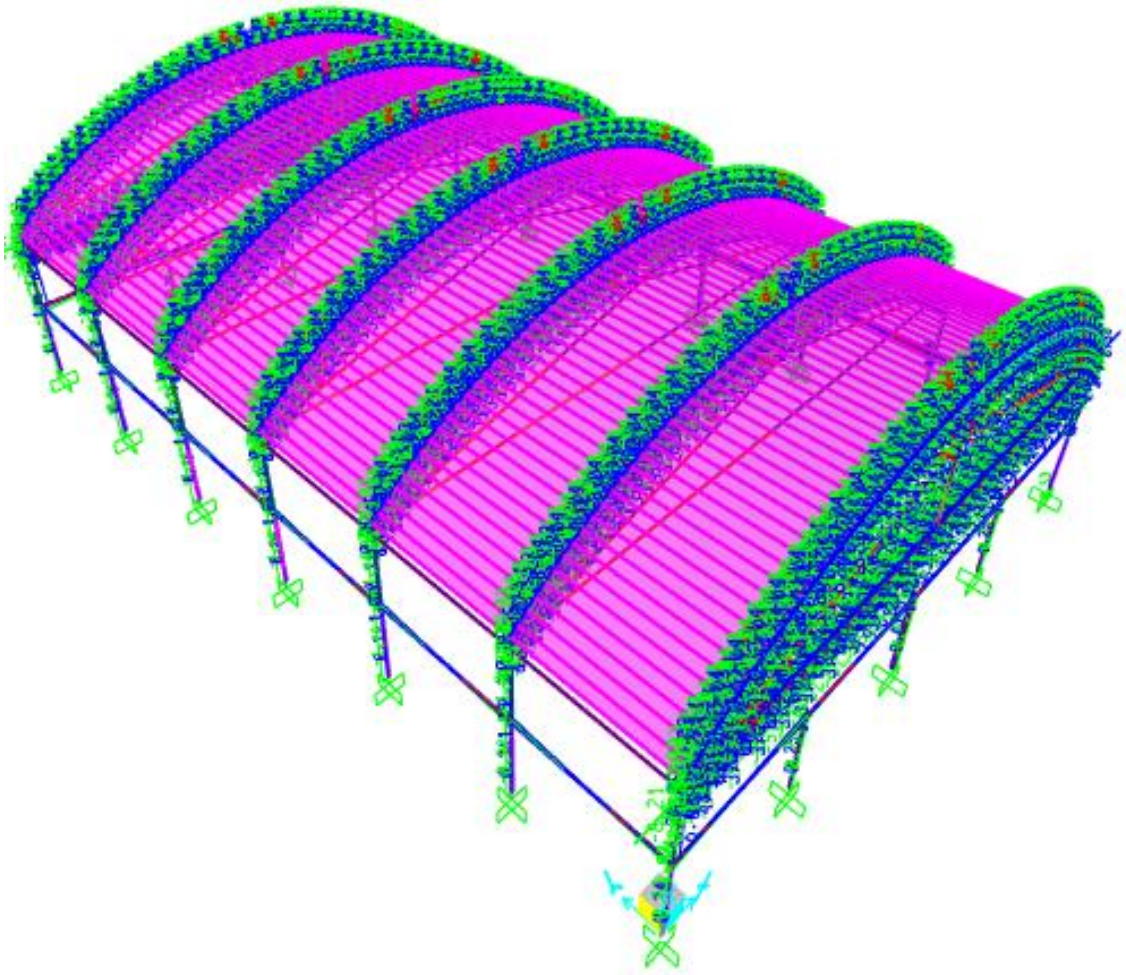
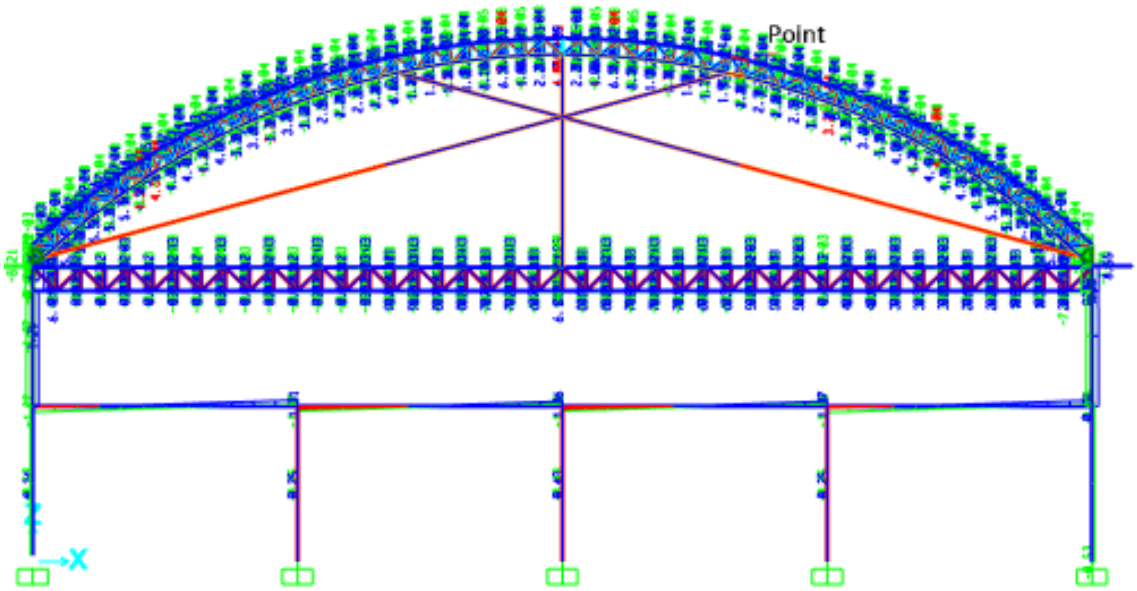


DIAGRAMA DE FUERZAS CORTANTES






Point
Y
X

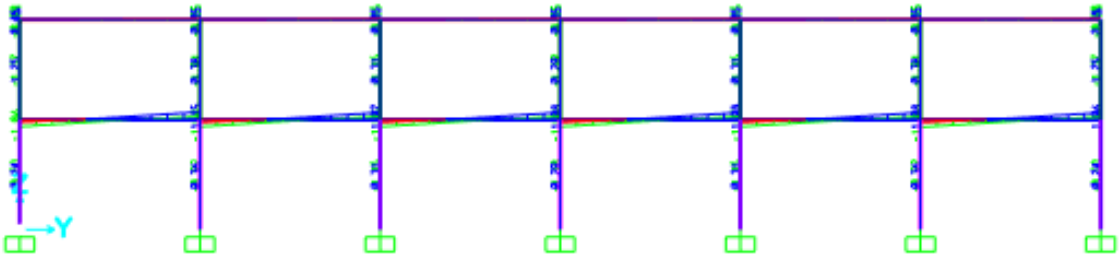
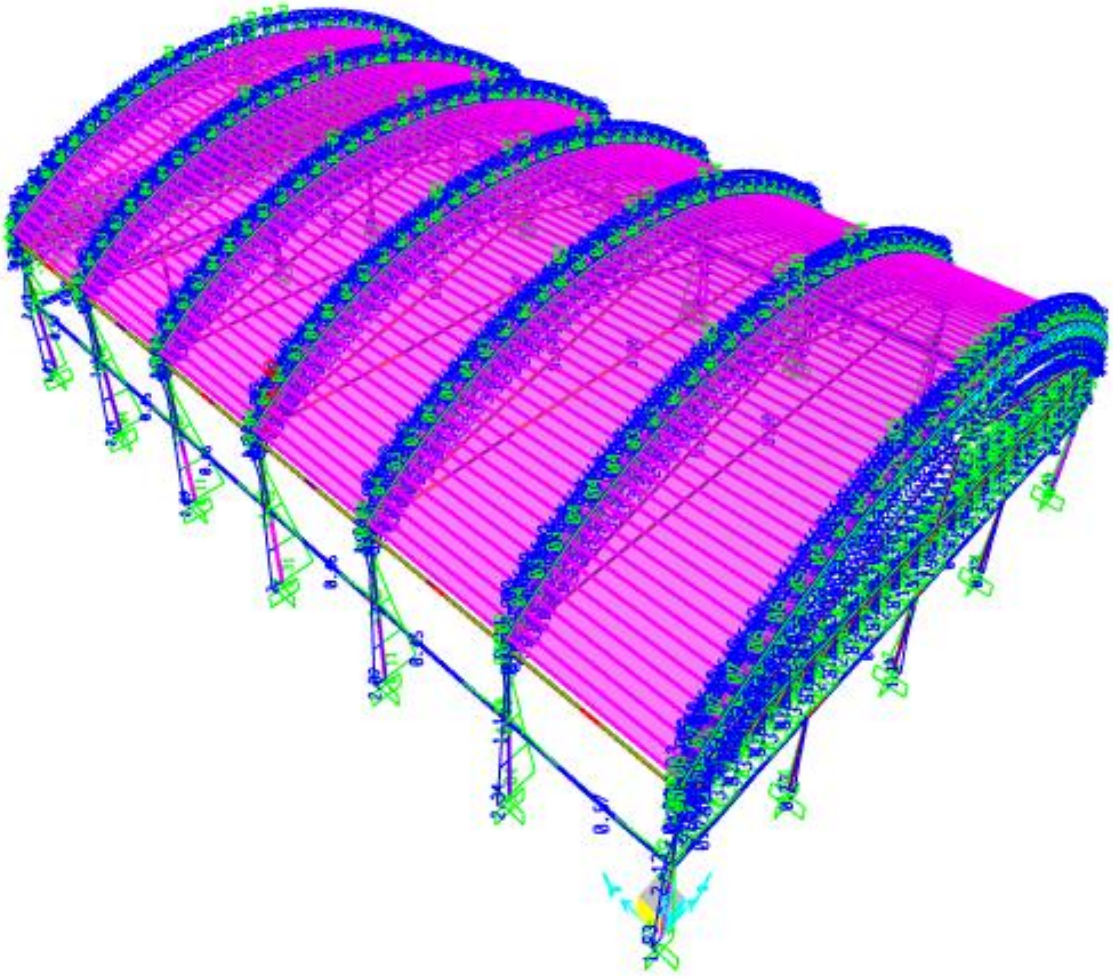
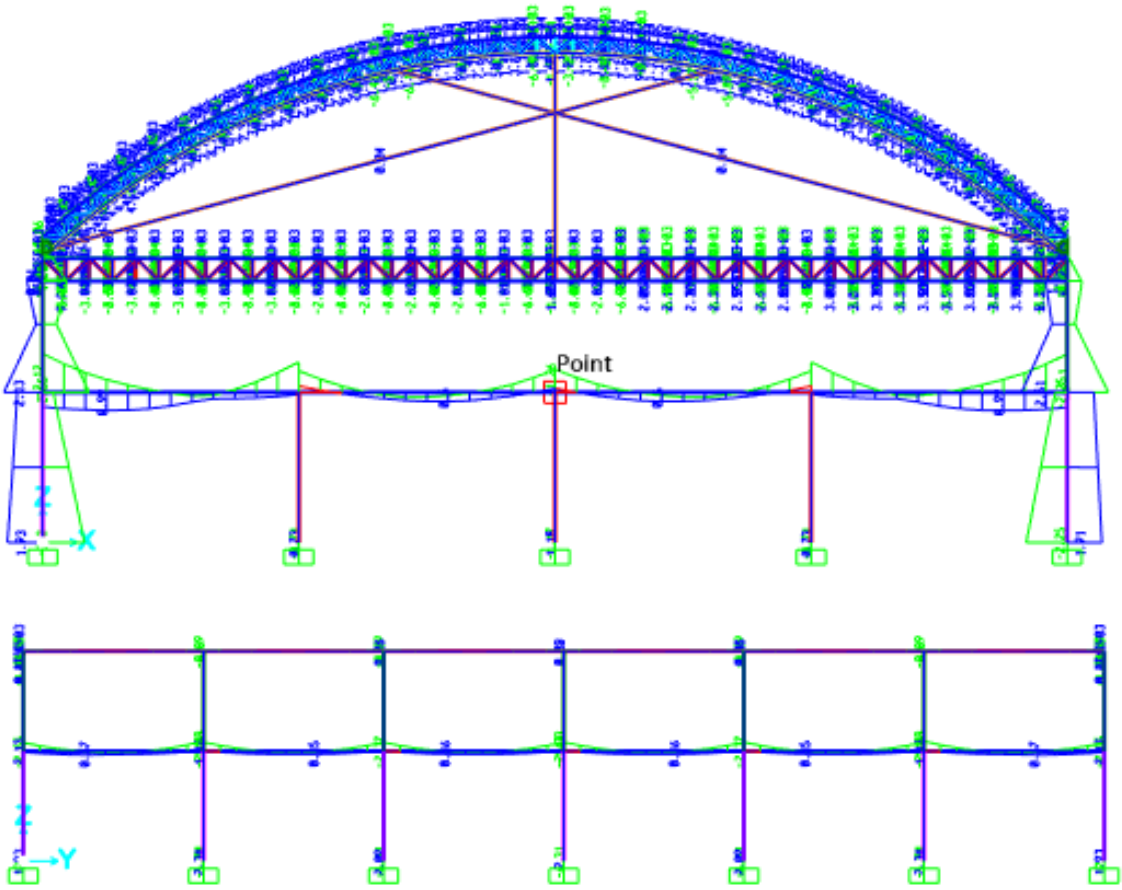
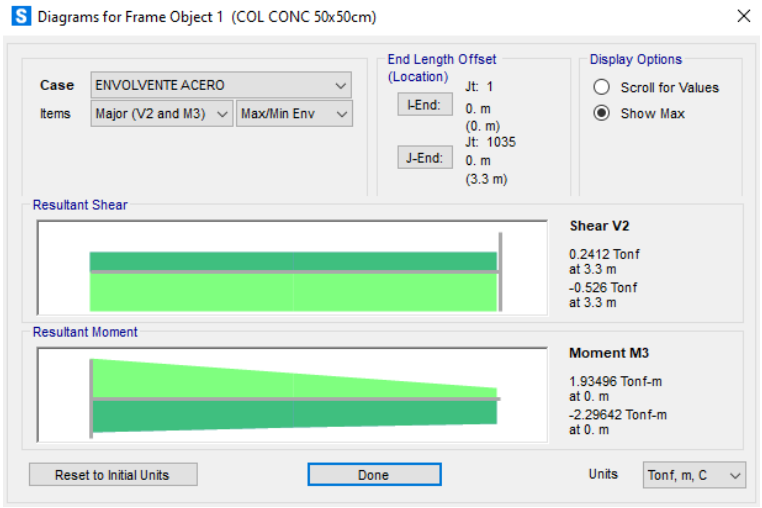


DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES




Point
Z
X
Z
Y


Diagrams for Frame Object 1 (COL CONC 50x50cm)
Case
ENVOLVENTE ACERO
Items
Major (V2 and M3)
Max/Min Env
End Length Offset (Location)
I-End:
Jt: 1
0. m
(0. m)
J-End:
Jt: 1035
0. m
(3.3 m)
Display Options
Scroll for Values
Show Max
Resultant Shear
Shear V2
0.2412 Tonf
at 3.3 m
-0.526 Tonf
at 3.3 m
Resultant Moment
Moment M3
1.93496 Tonf-m
at 0. m
-2.29642 Tonf-m
at 0. m
Reset to Initial Units
Done
Units
Tonf, m, C

4.4.2. PESO DE LA ESTRUCTURA

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	**CaseType**	**GlobalFX**	**GlobalFY**	**GlobalFZ**	**GlobalMX**	**GlobalMY**	**GlobalMZ**
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
DEAD	LinStatic	-3.07E-12	3.346E-13	81.9696	1327.90824	-922.09275	8.36E-12
LIVE	LinStatic	-4.268E-12	5.076E-13	24.0199	389.12306	-270.17631	1.182E-11
D+0.25L	Combination	-1.826E-12	4.029E-13	87.9746	1425.18901	-989.63682	1.992E-11
SERVICIO	Combination	-7.338E-12	8.422E-13	105.9896	1717.0313	-1192.26906	2.018E-11

El peso por carga muerta es de 81.97 tonf.

El peso por carga viva es de 24.02 tonf.

El peso por carga muerta más carga viva es de 105.99 tonf.

El peso para el análisis sísmico es de 87.97tonf.

4.4.3. DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA SÍSMICA

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	**CaseType**	**GlobalFX**	**GlobalFY**	**GlobalFZ**	**GlobalMX**	**GlobalMY**	**GlobalMZ**
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
SDINX	LinRespSpec	5.508	0.0001751	0.901	14.59487	34.04757	89.20032
SDINY	LinRespSpec	0.0037	4.4992	0.901	31.36351	10.14306	50.60375
SESTX	LinStatic	-8.7521	-5.894E-13	-8.435E-12	-2.378E-10	-61.83857	141.78422
SESTY	LinStatic	7.333E-12	-8.7521	4.909E-12	61.83857	-9.935E-11	-98.45074

Para el sismo dinámico en la dirección en X se tiene una fuerza horizontal en la base de 2.8409 tonf.

Para el sismo dinámico en la dirección en Y se tiene una fuerza horizontal en la base de 2.2918 tonf.

Para el sismo estático en la dirección en X se tiene una fuerza horizontal en la base de 3.5544 tonf.

Para el sismo estático en la dirección en Y se tiene una fuerza horizontal en la base de 3.5544 tonf.

4.4.4. TABLA DE PERIODOS Y FRECUENCIAS

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1.826263	0.547566121	3.440459408	11.83676094
MODAL	Mode	2	1.820319	0.549354123	3.451693754	11.91418977
MODAL	Mode	3	0.676888	1.477350364	9.282466099	86.16417687
MODAL	Mode	4	0.662777	1.508802222	9.480083952	89.87199174
MODAL	Mode	5	0.660752	1.513427689	9.50914662	90.42386945
MODAL	Mode	6	0.359243	2.783630523	17.4900664	305.9024228
MODAL	Mode	7	0.340194	2.939499225	18.46941834	341.1194137
MODAL	Mode	8	0.339196	2.948144167	18.52373611	343.1287996
MODAL	Mode	9	0.31325	3.192337948	20.05805089	402.3254055
MODAL	Mode	10	0.23583	4.240336938	26.64282274	709.8400038
MODAL	Mode	11	0.235609	4.244326423	26.66788942	711.1763262
MODAL	Mode	12	0.205004	4.877943285	30.64902158	939.3625238
MODAL	Mode	13	0.204407	4.892195422	30.73857039	944.8597099
MODAL	Mode	14	0.19432	5.146161932	32.33428904	1045.506248
MODAL	Mode	15	0.170021	5.881640003	36.95543405	1365.704106
MODAL	Mode	16	0.169669	5.893843966	37.03211381	1371.377453
MODAL	Mode	17	0.157219	6.360555078	39.96454621	1597.164954
MODAL	Mode	18	0.152536	6.555829205	41.19148974	1696.738827
MODAL	Mode	19	0.144673	6.912157969	43.43036939	1886.196985
MODAL	Mode	20	0.1399	7.147950076	44.9118949	2017.078303
MODAL	Mode	21	0.137812	7.256282899	45.59257009	2078.682448
MODAL	Mode	22	0.134762	7.4204943	46.62434076	2173.829151
MODAL	Mode	23	0.133644	7.482550508	47.01425141	2210.339836
MODAL	Mode	24	0.130499	7.662890989	48.14736407	2318.168667
MODAL	Mode	25	0.130301	7.674522548	48.22044731	2325.211539
MODAL	Mode	26	0.125414	7.97359119	50.09955101	2509.965011
MODAL	Mode	27	0.12367	8.086048004	50.80613801	2581.26366
MODAL	Mode	28	0.122431	8.167860131	51.32017877	2633.760749
MODAL	Mode	29	0.121694	8.217341116	51.63107696	2665.768109
MODAL	Mode	30	0.121518	8.229200884	51.70559408	2673.468459
MODAL	Mode	31	0.115101	8.688012609	54.58839317	2979.892669
MODAL	Mode	32	0.114604	8.725675787	54.8250379	3005.784781
MODAL	Mode	33	0.11319	8.834669906	55.50986815	3081.345462
MODAL	Mode	34	0.106719	9.370387953	58.87588391	3466.369706
MODAL	Mode	35	0.101938	9.809929189	61.63760295	3799.194097
MODAL	Mode	36	0.101921	9.811545461	61.64775828	3800.446101
MODAL	Mode	37	0.099	10.10100181	63.46646619	4027.99233
MODAL	Mode	38	0.098265	10.17658694	63.94138155	4088.500274
MODAL	Mode	39	0.089314	11.19648827	70.34961058	4949.067709
MODAL	Mode	40	0.088106	11.34997381	71.3139887	5085.684984
MODAL	Mode	41	0.087261	11.45988458	72.00457841	5184.659312
MODAL	Mode	42	0.086659	11.53942893	72.50437032	5256.883716
MODAL	Mode	43	0.086637	11.54243861	72.52328068	5259.626241
MODAL	Mode	44	0.085382	11.71211734	73.58940361	5415.400323
MODAL	Mode	45	0.085255	11.72952572	73.69878367	5431.510714
MODAL	Mode	46	0.08444	11.84276896	74.41031194	5536.894524
MODAL	Mode	47	0.083167	12.02400848	75.54907339	5707.66249
MODAL	Mode	48	0.080972	12.3500094	77.59739758	6021.356111
MODAL	Mode	49	0.079248	12.61864951	79.28531318	6286.160887
MODAL	Mode	50	0.078796	12.69104511	79.74018815	6358.497607
MODAL	Mode	51	0.078095	12.80488705	80.4554782	6473.083972
MODAL	Mode	52	0.078001	12.82030451	80.55234892	6488.680916
MODAL	Mode	53	0.077529	12.89832997	81.04259736	6567.902586
MODAL	Mode	54	0.077099	12.97029399	81.49476062	6641.396009
MODAL	Mode	55	0.076359	13.09596482	82.28437375	6770.718164
MODAL	Mode	56	0.076246	13.11538061	82.40636673	6790.809278
MODAL	Mode	57	0.075886	13.17767897	82.79779886	6855.475497
MODAL	Mode	58	0.074295	13.45980698	84.57046145	7152.162949
MODAL	Mode	59	0.072498	13.79355111	86.66743766	7511.24475
MODAL	Mode	60	0.072118	13.86610555	87.12331068	7590.471263

4.4.5. CONTROL DE DESPLAZAMIENTOS

a) Determinación de Desplazamientos Laterales

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75.R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas.

Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0.85.R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico. Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de C/R indicados en el numeral 28.2 ni el cortante mínimo en la base especificado en el numeral 29.4 del RNE E.0.30.

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
133	SDINX	LinRespSpec	Max	0.003318	0.000003276	0.000009953	0.000001612	0.000951	0.000012
134	SDINX	LinRespSpec	Max	0.003314	0.000003293	0.000007168	0.000001615	0.000947	0.000012
937	SDINX	LinRespSpec	Max	0.003307	0.000003649	0.000009954	0.000001787	0.000949	0.000012
938	SDINX	LinRespSpec	Max	0.003303	0.000003664	0.000007176	0.00000181	0.000942	0.000012

El desplazamiento máximo en el sentido X-X es de 0.003318 m.

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
133	SDINY	LinRespSpec	Max	0.000109	0.003524	0.000008974	0.001577	0.000071	0.000225
134	SDINY	LinRespSpec	Max	0.000108	0.003525	0.000008862	0.001577	0.00007	0.00023
937	SDINY	LinRespSpec	Max	0.000109	0.003524	0.000008972	0.001577	0.000071	0.000226
938	SDINY	LinRespSpec	Max	0.000108	0.003525	0.000008847	0.001577	0.000069	0.000231

El desplazamiento máximo en el sentido Y-Y es de 0.003525 m.

b) Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el numeral 5.1 del RNE E-0.30, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11 del RNE e-0.30.

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	Δ_i / h_{ei}
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

A continuación se muestra el cuadro de derivas:

PUNTO	SISMO	DESPLAZAMIENTO
3	X-X	0.003318
74	X-X	0.003314
1123	X-X	0.003307
1194	X-X	0.003303
	PROMEDIO	0.0033105

PUNTO	SISMO	DESPLAZAMIENTO
3	Y-Y	0.003524
74	Y-Y	0.003525
1123	Y-Y	0.003524
1194	Y-Y	0.003525
	PROMEDIO	0.0035245

SISMO	DESPLAZAMIENTO	h (m)	DERIVA	FACTOR	DERIVA FINAL	OBSERVACIÓN
X-X	0.0033105	6.3	0.000525476	3/4x8=6	0.003152857	CUMPLE
Y-Y	0.0035245	6.3	0.000559444	3/4x8=6	0.003356667	CUMPLE

Vemos que las derivas finales para los sismos tanto en X e Y cumplen con ser menores a 0.010, por lo que cumple con los requisitos de la norma E-0.30.

4.4.6. FUERZA CORTANTE MÍNIMA EN LA BASE

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80 % del valor calculado según el numeral 29.4 del RNE E-0.30 para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares. Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

TIPO DE ESTRUCTURA	REGULAR		
	V (Tn)	% de V Est.	Factor Amp.
Cortante por Sismo Dinámico X	5.508	0.63	1.27
Cortante por Sismo Estático X	8.75		
Cortante por Sismo Dinámico Y	4.4992	0.51	1.56
Cortante por Sismo Estático Y	8.75		

Según los resultados de la tabla anterior, se multiplicará por un factor de **1.27** y **1.56** para incrementar el cortante.

5. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES METÁLICOS

Los elementos de acero estructural están diseñados por el método LRFD estipulado en la norma de Estructuras Metálicas E-090.

a) Las cargas de trabajo se multiplican por factores de carga (siempre mayores que 1).

b) La estructura se diseña para que tenga una resistencia ultima de diseño suficiente para resistir las cargas factorizadas.

c) Esta resistencia es la resistencia teórica o nominal (Rn) del miembro estructural, multiplicada por un factor de resistencia (Φ) siempre menor que 1.

5.1. DISEÑO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A TRACCIÓN Y COMPRESIÓN

5.1.1. DISEÑO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A TRACCIÓN

Se denominan miembros en tracción axial a los elementos de las estructuras en los cuales se generan esfuerzos internos que evitan que se separen los extremos cuando están sometidos a una fuerza axial.

La resistencia de miembros de acero en tracción está definida por dos estados límite que son:

- Fluencia en el área total de la sección A_g. $\varnothing P_{nf} = \varnothing_t F_y A_g$
- Fluencia en la sección neta efectiva A_e. $\varnothing P_{nr} = \varnothing_r F_u A_e$

Donde:

- F_y: Esfuerzo de fluencia mínimo.
- F_u: Esfuerzo de tensión mínimo especificado.
- A_g: Área total de la sección transversal.
- A_e: Área neta efectiva.
- P_n: Resistencia de diseño de un miembro a tensión.
- Ø: factor de reducción, $Ø_t$ = 0.9, $Ø_r$ = 0.85

Relación de Esbeltez de miembros en tracción: L/r.

Aunque los miembros en tracción no están sujetos a pandeos, las Especificaciones AISC-LRFD en su sección B7, establece que L/r en miembros traccionados no deberá exceder de 300, excepto para varillas.

5.1.2. DISEÑO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A COMPRESIÓN

Los miembros en compresión pueden sufrir pandeos. Al crecer la carga axial de compresión aplicada, alguno de los pandeos se presenta cuando se alcanza una carga crítica denominada carga de pandeo.

El requerimiento de resistencia de una columna cargada axialmente, puede declararse como sigue:

$$\varnothing_c P_n \geq P_u \qquad P_n = A_g F_{cr}$$

Donde:

- $Ø_c$ = 0.85.
- P_n: Resistencia nominal.
- P_u: Carga factorizada.

- F_{cr}: Esfuerzo crítico de pandeo dado como sigue:

a) Cuando $\lambda \leq 1.5$ ..... $F_{cr} = \left(0.658^{\lambda^2_c}\right)F_y$

b) Cuando $\lambda \leq 1.5$ ..... $F_{cr} = \frac{(0.877)}{\lambda^2_c}F_y$

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r}\sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}} = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}}$$

Donde:

- K: factor de longitud de pandeo.
- l: longitud del elemento estructural.
- r: radio de giro
- F_y: Esfuerzo de fluencia mínimo.

Relación de Esbeltez de miembros en compresión: kL/r.

AISC-LRFD establece que para miembros cuyo diseño se basa en esfuerzos de compresión, la relación de esbeltez kl/r es preferible que no sobrepase de 200.

5.1.3. RESULTADOS DE DISEÑO

A continuación se muestra los cálculos de los tijerales y cerchas metálicas del proyecto:

TIJERALES METÁLICOS

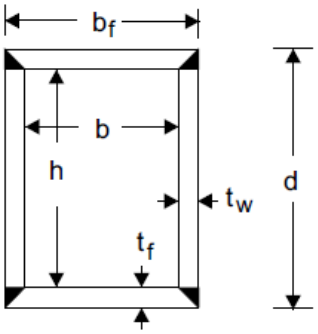
PROYECTO : CREACION DEL ESCENARIO DEPORTIVO CON GRASS SINTETICO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE ANANSAYA, DISTRITO DE CHINCHAYPUJIO – PROVINCIA DE ANTA – DEPARTAMENTO DEL CUSCO
UBICACIÓN: COMUNIDAD DE ANANSAYA
FECHA : SETIEMBRE DEL 2023

TIJERAL AR-01 (CERCHA EN ARCO)

DATOS DE DISEÑO

Propiedades de Resistencia: ACERO ASTM A500 Gr B

Esfuerzo de fluencia mínimo:	F_y = 2957 Kg/cm2
Resistencia mínima espec. a tensión:	F_u = 4080 Kg/cm2
Módulo de Elasticidad:	E = 2000000 Kg/cm2
Factor de Longitud de Pandeo	k = 1



Dimensiones de la Armadura:

Ángulo de Inclinación de Tijeral:
Separación entre armaduras: @ = 5.40 m

Secciones de los elementos:

	Brida Superior	Brida Inferior	Diagonales y Montantes
Peralte:	d = 10 cm	d = 10 cm	d = 5 cm
Ancho:	b_f = 5 cm	b_f = 5 cm	b_f = 5 cm
Espesor:	t_f = 0.25 cm	t_f = 0.30 cm	t_f = 0.25 cm
Altura:	h = 9.5 cm	h = 9.4 cm	h = 4.5 cm
Espesor:	t_w = 0.25 cm	t_w = 0.30 cm	t_w = 0.25 cm
Área total:	A_g = 7.25 cm2	A_g = 8.64 cm2	A_g = 4.75 cm2
Momentos	I_x = 95.15 cm4	I_x = 112.12 cm4	I_x = 17.91 cm4
de Inercia:	I_y = 32.03 cm4	I_y = 37.44 cm4	I_y = 17.91 cm4
Radios	r_x = 3.62 cm	r_x = 3.60 cm	r_x = 1.94 cm
de giro:	r_y = 2.10 cm	r_y = 2.08 cm	r_y = 1.94 cm

METRADO DE CARGAS

Carga Muerta CM

Cobertura:	8.5 Kg/m2	
Correas:	4.8 Kg/m2	
Carga Muerta Total:	13.3 Kg/m2	71.8 Kg/m
C. Total por Inclinación:	11.5 Kg/m2	62.2 Kg/m
Cielorraso:		

Carga Viva o Sobrecarga CV

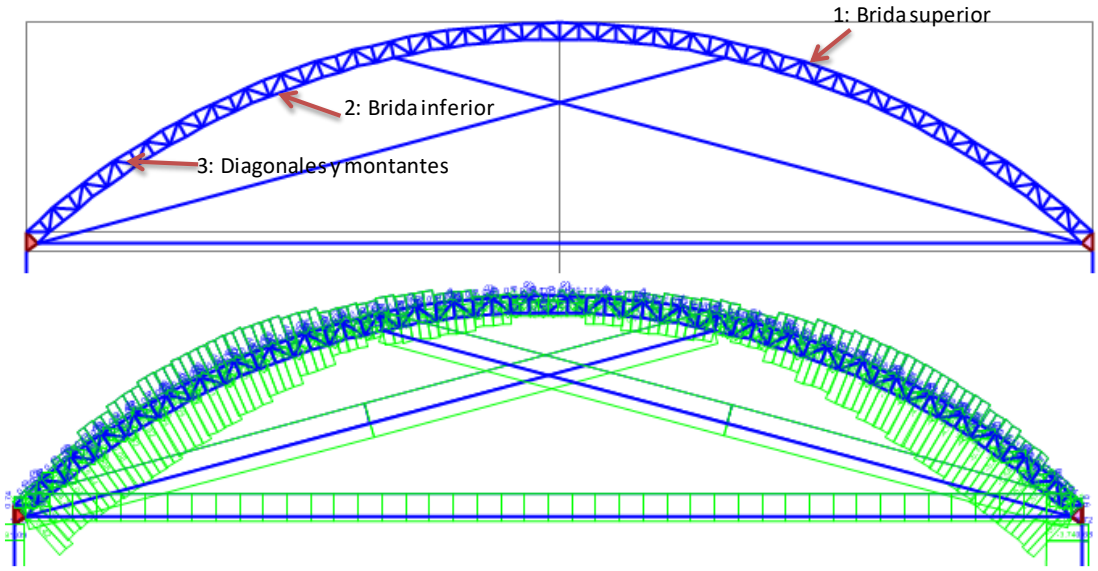
Sobrecarga:	30 Kg/m2
Carga por metro lineal:	162.0 Kg/m

Carga de Viento Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45º

Velocidad de diseño hasta 10 m de altura:	V = 90 kph	
Altura sobre el terreno	h = 11.30 m	
Velocidad de diseño:	V_h = 92 kph	
Factor de forma:		
Barlovento	C= 0.8	C= -0.8
Sotavento	C= -0.5	

Presión o succión del viento a la altura h:

Barlovento	P_h = 34.2 Kg/m2	P_h = -34.2 Kg/m2
Sotavento	P_h = -21.4 Kg/m2	



DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Factor de reducción por compresión:	$Ø_c$ = 0.85	
Factor de reducción por tracción:	$Ø_t$ = 0.9	Fluencia en área total
Factor de reducción por tracción:	$Ø_r$ = 0.75	Fluencia en área neta

SECCIÓN PARA BRIDA SUPERIOR

ANÁLISIS EN COMPRESIÓN BRIDA SUPERIOR DE SECCIÓN 50x100mm e = 2.5 mm

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	λ_{cx}	Fcr_x (Kg/cm^2)	ØPcr (kg)	$P_u/(ØP_{cr})$	Esbeltez	Chequeo
1	1150.8	0.40	0.13514	2934.48	18083.75	0.064	11.04	CUMPLE

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	λ_{cy}	Fcr_y (Kg/cm^2)	ØPcr (kg)	$P_u/(ØP_{cr})$	Esbeltez	Chequeo
1	1150.8	0.40	0.23294	2890.60	17813.34	0.065	19.03	CUMPLE

ANÁLISIS EN TRACCIÓN BRIDA SUPERIOR DE SECCIÓN 50x100mm e = 2.5 mm

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	r_x (cm)	$F_y.A_g.Ø_t$	$F_u.A_e.Ø_r$	$P_u/(ØP_n)$	Esbeltez	Chequeo
1	1915.6	0.40	3.623	19294.43	22185.00	0.099	11.04	CUMPLE

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	r_y (cm)	$F_y.A_g.Ø_t$	$F_u.A_e.Ø_r$	$P_u/(ØP_n)$	Esbeltez	Chequeo
1	1915.6	0.40	2.102	19294.43	22185.00	0.099	19.03	CUMPLE

SECCIÓN PARA BRIDA INFERIOR

ANÁLISIS EN COMPRESIÓN BRIDA INFERIOR DE SECCIÓN 50x100mm e = 3 mm

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	λ_{cx}	Fcr_x (Kg/cm^2)	ØPcr (kg)	$P_u/(ØP_{cr})$	Esbeltez	Chequeo
2	10821.8	0.39	0.13319	2935.13	21555.57	0.502	10.88	CUMPLE

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	λ_{cy}	Fcr_y (Kg/cm^2)	ØPcr (kg)	$P_u/(ØP_{cr})$	Esbeltez	Chequeo
2	10821.8	0.39	0.23048	2891.98	21238.69	0.510	18.83	CUMPLE

ANÁLISIS EN TRACCIÓN BRIDA INFERIOR DE SECCIÓN 50x100mm e = 3 mm

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	r_x (cm)	$F_y.A_g.Ø_t$	$F_u.A_e.Ø_r$	$P_u/(ØP_n)$	Esbeltez	Chequeo
2	6180.4	0.39	3.602	22993.63	26438.40	0.269	10.88	CUMPLE

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	r_y (cm)	$F_y.A_g.Ø_t$	$F_u.A_e.Ø_r$	$P_u/(ØP_n)$	Esbeltez	Chequeo
2	6180.4	0.39	2.082	22993.63	26438.40	0.269	18.83	CUMPLE

SECCIÓN PARA DIAGONALES Y MONTANTES

ANÁLISIS EN COMPRESIÓN DIAGONALES Y MONTANTES DE SECCIÓN 50x50mm e = 2.5 mm

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	λ_{cx}	Fcr_x (Kg/cm^2)	ØPcr (kg)	$P_u/(ØP_{cr})$	Esbeltez	Chequeo
3	1628.9	0.53	0.33279	2823.06	11398.09	0.143	27.19	CUMPLE

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	λ_{cy}	Fcr_y (Kg/cm^2)	ØPcr (kg)	$P_u/(ØP_{cr})$	Esbeltez	Chequeo
3	1628.9	0.53	0.33279	2823.06	11398.09	0.143	27.19	CUMPLE

ANÁLISIS EN TRACCIÓN DIAGONALES Y MONTANTES DE SECCIÓN 50x50mm e = 2.5 mm

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	r_x (cm)	$F_y.A_g.Ø_t$	$F_u.A_e.Ø_r$	$P_u/(ØP_n)$	Esbeltez	Chequeo
3	1437.6	0.53	1.942	12641.18	14535.00	0.114	27.19	CUMPLE

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	r_y (cm)	$F_y.A_g.Ø_t$	$F_u.A_e.Ø_r$	$P_u/(ØP_n)$	Esbeltez	Chequeo
3	1437.6	0.53	1.942	12641.18	14535.00	0.114	27.19	CUMPLE

DISEÑO POR CONDICIONES DE SERVICIO

Longitud entre apoyos:	22.50 m	
Deflexión producida por la carga viva:	1.55 cm	
Deflexión Máxima Admisible:	12.50 cm	Conforme

Resumen:

- Brida superior: Tubo rectangular ASTM A500 Gr B de 50x100mm e=2.5mm
- Brida inferior: Tubo rectangular ASTM A500 Gr B de 50x100mm e=3mm
- Diagonales: Tubo rectangular ASTM A500 Gr B de 50x50mm e=2.5mm

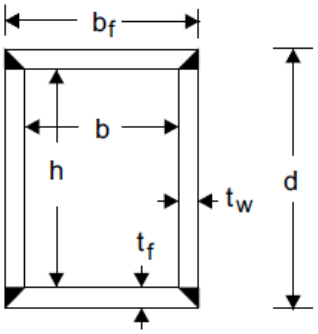
TIJERALES METÁLICOS

VIGA A

DATOS DE DISEÑO

Propiedades de Resistencia: ACERO ASTM A500 Gr B

Esfuerzo de fluencia mínimo:	F_y = 2957 Kg/cm2
Resistencia mínima espec. a tensión:	F_u = 4080 Kg/cm2
Módulo de Elasticidad:	E = 2000000 Kg/cm2
Factor de Longitud de Pandeo	k = 1

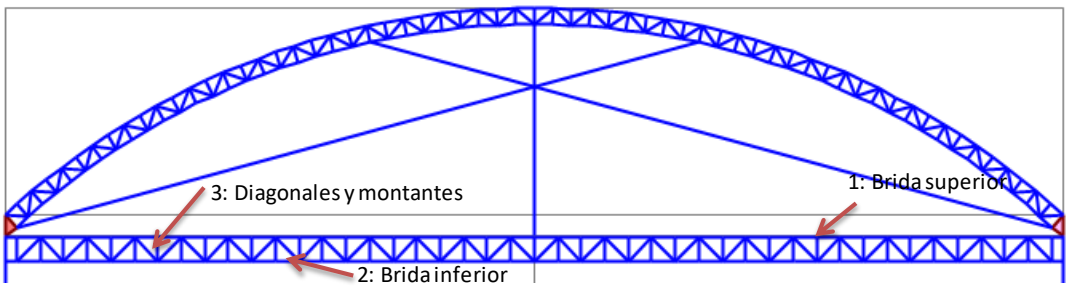


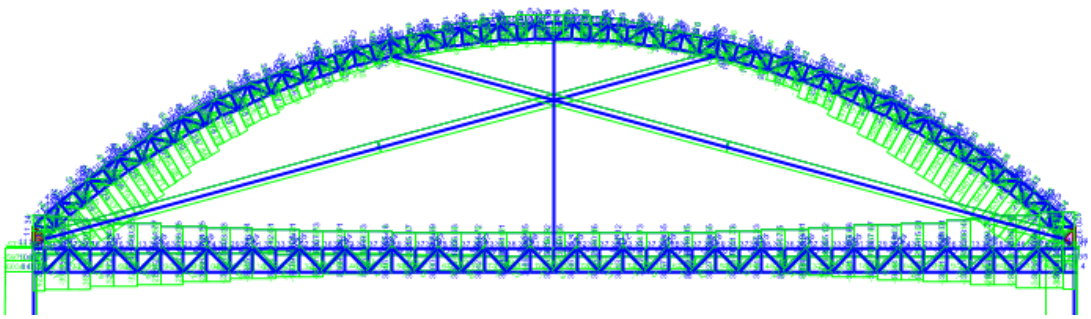
Dimensiones de la Armadura:

Ángulo de Inclinación de Tijeral:	
Separación entre armaduras:	@ = 5.40 m

Secciones de los elementos:

	Brida Superior	Brida Inferior	Diagonales y Montantes
Peralte:	d = 10 cm	d = 10 cm	d = 5 cm
Ancho:	b_f = 5 cm	b_f = 5 cm	b_f = 5 cm
Espesor:	t_f = 0.25 cm	t_f = 0.25 cm	t_f = 0.20 cm
Altura:	h = 9.5 cm	h = 9.5 cm	h = 4.6 cm
Espesor:	t_w = 0.25 cm	t_w = 0.25 cm	t_w = 0.20 cm
Área total:	A_g = 7.25 cm2	A_g = 7.25 cm2	A_g = 3.84 cm2
Momentos	I_x = 95.15 cm4	I_x = 95.15 cm4	I_x = 14.77 cm4
de Inercia:	I_y = 32.03 cm4	I_y = 32.03 cm4	I_y = 14.77 cm4
Radios	r_x = 3.62 cm	r_x = 3.62 cm	r_x = 1.96 cm
de giro:	r_y = 2.10 cm	r_y = 2.10 cm	r_y = 1.96 cm





DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Factor de reducción por compresión: $Ø_c = 0.85$
Factor de reducción por tracción: $Ø_t = 0.9$ Fluencia en área total
Factor de reducción por tracción: $Ø_r = 0.75$ Fluencia en área neta

SECCIÓN PARA BRIDA SUPERIOR

ANÁLISIS EN COMPRESIÓN BRIDA SUPERIOR DE SECCIÓN 50x100mm e = 2.5 mm

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	λ_{cx}	Fcr_x (Kg/cm^2)	ØPcr (kg)	$P_u/(ØP_{cr})$	Esbeltez	Chequeo
1	2313.8	0.50	0.16892	2921.89	18006.17	0.129	13.80	CUMPLE

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	λ_{cy}	Fcr_y (Kg/cm^2)	ØPcr (kg)	$P_u/(ØP_{cr})$	Esbeltez	Chequeo
1	2313.8	0.50	0.29117	2853.91	17587.23	0.132	23.79	CUMPLE

ANÁLISIS EN TRACCIÓN BRIDA SUPERIOR DE SECCIÓN 50x100mm e = 2.5 mm

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	r_x (cm)	$F_y.A_g.Ø_t$	$F_u.A_e.Ø_r$	$P_u/(ØP_n)$	Esbeltez	Chequeo
1	7651.8	0.50	3.623	19294.43	22185.00	0.397	13.80	CUMPLE

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	r_y (cm)	$F_y.A_g.Ø_t$	$F_u.A_e.Ø_r$	$P_u/(ØP_n)$	Esbeltez	Chequeo
1	7651.8	0.50	2.102	19294.43	22185.00	0.397	23.79	CUMPLE

SECCIÓN PARA BRIDA INFERIOR

ANÁLISIS EN COMPRESIÓN BRIDA INFERIOR DE SECCIÓN 50x100mm e = 2.5 mm

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	λ_{cx}	Fcr_x (Kg/cm^2)	ØPcr (kg)	$P_u/(ØP_{cr})$	Esbeltez	Chequeo
2	3817.9	0.50	0.16892	2921.89	18006.17	0.212	13.80	CUMPLE

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	λ_{cy}	Fcr_y (Kg/cm^2)	ØPcr (kg)	$P_u/(ØP_{cr})$	Esbeltez	Chequeo
2	3817.9	0.50	0.29117	2853.91	17587.23	0.217	23.79	CUMPLE

ANÁLISIS EN TRACCIÓN BRIDA INFERIOR DE SECCIÓN 50x100mm e = 2.5 mm

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	r_x (cm)	$F_y.A_g.Ø_t$	$F_u.A_e.Ø_r$	$P_u/(ØP_n)$	Esbeltez	Chequeo
2	4153.3	0.50	3.623	19294.43	22185.00	0.215	13.80	CUMPLE

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	r_y (cm)	$F_y.A_g.Ø_t$	$F_u.A_e.Ø_r$	$P_u/(ØP_n)$	Esbeltez	Chequeo
2	4153.3	0.50	2.102	19294.43	22185.00	0.215	23.79	CUMPLE

SECCIÓN PARA DIAGONALES Y MONTANTES

ANÁLISIS EN COMPRESIÓN DIAGONALES Y MONTANTES DE SECCIÓN 50x50mm e = 2 mm

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	λ_{cx}	Fcr_x (Kg/cm^2)	ØPcr (kg)	$P_u/(ØP_{cr})$	Esbeltez	Chequeo
3	416.8	0.71	0.44120	2725.63	8896.46	0.047	36.05	CUMPLE

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	λ_{cy}	Fcr_y (Kg/cm^2)	ØPcr (kg)	$P_u/(ØP_{cr})$	Esbeltez	Chequeo
3	416.8	0.71	0.44120	2725.63	8896.46	0.047	36.05	CUMPLE

ANÁLISIS EN TRACCIÓN DIAGONALES Y MONTANTES DE SECCIÓN 50x50mm e = 2 mm

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	r_x (cm)	$F_y.A_g.Ø_t$	$F_u.A_e.Ø_r$	$P_u/(ØP_n)$	Esbeltez	Chequeo
3	717.2	0.71	1.961	10219.39	11750.40	0.070	36.05	CUMPLE

BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	r_y (cm)	$F_y.A_g.Ø_t$	$F_u.A_e.Ø_r$	$P_u/(ØP_n)$	Esbeltez	Chequeo
3	717.2	0.71	1.961	10219.39	11750.40	0.070	36.05	CUMPLE

DISEÑO POR CONDICIONES DE SERVICIO

Longitud entre apoyos:	22.30 m	
Deflexión producida por la carga viva:	1.48 cm	
Deflexión Máxima Admisible:	12.39 cm	Conforme

Resumen:

- Brida superior: Tubo rectangular ASTM A500 Gr B de 50x100mm e=2.5mm
- Brida inferior: Tubo rectangular ASTM A500 Gr B de 50x100mm e=2.5mm
- Diagonales: Tubo rectangular ASTM A500 Gr B de50x50mm e=2mm

TENSORES

TENSOR

DATOS DE DISEÑO

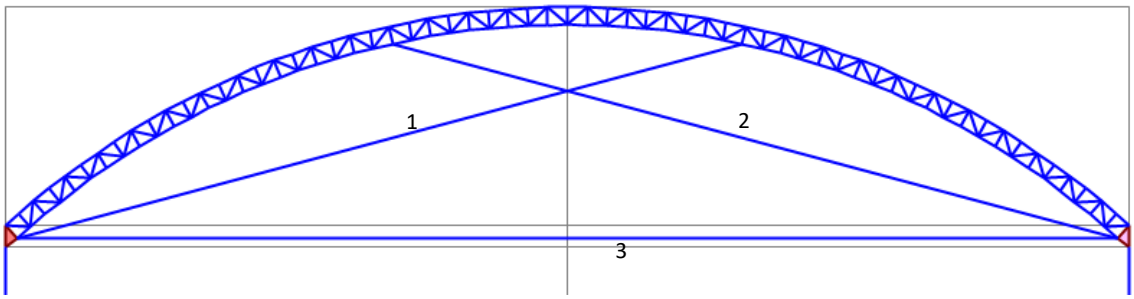
Diámetro:	d = 1.27 cm
Área total:	A_g = 1.27 cm2
Esfuerzo de fluencia mínimo:	F_y = 2530 Kg/cm2
Resistencia mínima espec. a tensión:	F_u = 4080 Kg/cm2
Módulo de Elasticidad:	E = 2000000 Kg/cm2

DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Factor de reducción por compresión:	$Ø_c$ = 0.85	
Factor de reducción por tracción:	$Ø_t$ = 0.9	Fluencia en área total
Factor de reducción por tracción:	$Ø_r$ = 0.75	Fluencia en área neta

k = 1 I = 0.128 cm4 r_x = 0.32 cm r_y = 0.32 cm

ANÁLISIS EN TRACCIÓN



BARRA	P_u (Kg)	L. Barra (m)	r (cm)	$F_y.A_g.Ø_t$	$F_u.A_e.Ø_r$	$P_u/(ØP_n)$	Chequeo
1	2211.2	15.02	0.318	2884.43	3876.31	0.767	CUMPLE
2	2114.0	15.02	0.318	2884.43	3876.31	0.733	CUMPLE
3	2727.3	22.01	0.318	2884.43	3876.31	0.946	CUMPLE

Resumen: Tensor acero liso f_y = 2500 kg/cm2 de 12.7 mm (1/2'')

5.2. DISEÑO DE VIGAS Y CORREAS

5.2.1. MIEMBROS EN FLEXIÓN

Son conocidos como miembros en flexión aquellos elementos estructurales que sostienen cargas transversales a su eje longitudinal.

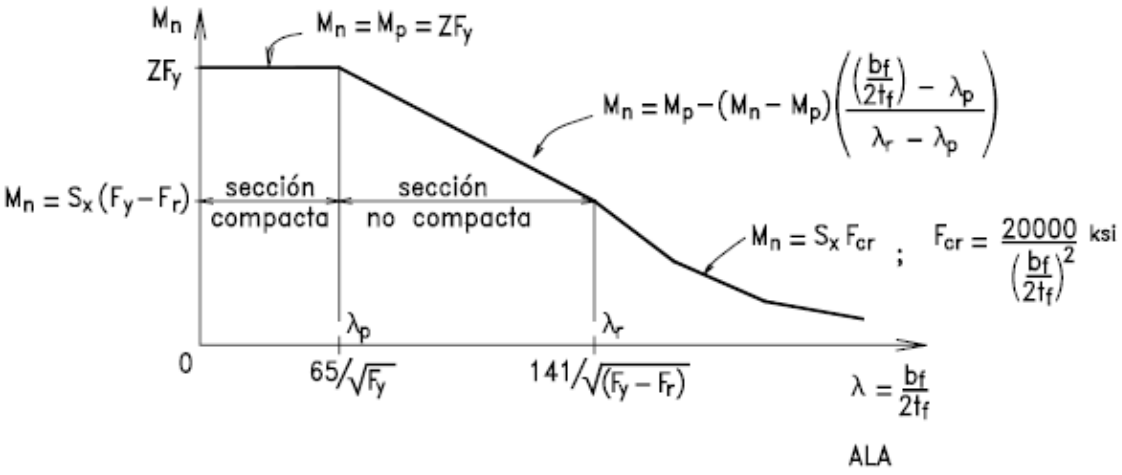
AISC-LRFD en su sección F2 establece que:

$$Ø_b M_n \geq M_u$$

Donde:

- $Ø_b$: Factor de resistencia, que en flexión se considera 0.9.
- M_n: Resistencia nominal en flexión.
- M_u: Momento originado por las cargas factorizadas.

Las fórmulas, las definiciones y la organización para miembros en flexión fueron determinadas por las dos curvas de comportamiento que se dan a continuación:



Si las vigas están debidamente arriostradas con relación a su eje Y, la resistencia nominal M_n será M_p siempre que cumplan con λ_p en los elementos de su sección; éstas son nominadas compactas; cuando se incumplen estas relaciones, ya sea porque $b_f/2t_f$ o h_c/t_w son mayores de λ_p, pero menores que λ_r, entonces se dice que las secciones son no compactas y su resistencia nominal está entre M_p y M_r.

El valor para M_r es:

$$M_r = (F_y - F_r)S_x$$

Donde F_r es el esfuerzo residual que existe en las secciones.

$F_r = 10\ \text{ksi}\ (705\ \text{kg/cm}^2)$ para perfiles laminados en caliente.

$F_r = 16.5\ \text{ksi}\ (1165\ \text{kg/cm}^2)$ para secciones con perfiles soldados.

Entre Mp y Mr se ha previsto para Mn una variación lineal como sigue:

$$M_n = M_p - (M_p - M_r)\frac{(\lambda - \lambda_p)}{(\lambda_r - \lambda_p)}$$

Cuando las secciones tienen elementos que sobrepasan λ_r, entonces se denominan secciones esbeltas y su comportamiento está regido por:

$$M_n = S_x F_{cr}$$

Donde:

- M_y: Momento de fluencia.
- M_y: Momento plástico.
- M_n: Resistencia nominal en flexión.
- M_u: Momento originado por las cargas factorizadas.
- Z: módulo plástico de la sección
- S: módulo de sección
- F_{cr}: Esfuerzo crítico de pandeo.
- λ: relación de esbeltez que afectan el pandeo
- r: radio de giro
- F_y: Esfuerzo de fluencia mínimo.

5.2.2. MIEMBROS SOMETIDOS A CORTE

Cuando se tiene el alma con dimensiones y esfuerzos que no sobrepasan la estabilidad de la misma, la resistencia V_n de la sección se basa en la fluencia al corte del alma:

$$V_n = \tau_y A_w$$

Donde:

- τ_y: Esfuerzo de fluencia al corte.
- A_w: Área del alma.

$A_w = d \cdot t_w$ para vigas laminadas.

$A_w = h_c t_w$ para vigas soldadas.

De acuerdo con la teoría de la energía de distorsión se tiene:

$$\tau_y = \frac{F_y}{\sqrt{3}} \approx 0.60 F_y$$

AISC-LRFD en su sección F.2.2 indica:

$$V_n = 0.6 F_{yw} A_w$$

Siempre que no exceda de:

$h_c / t_w = 1520 \sqrt{k / F_{yw}}$ F_{yw} en kg/cm^2.

Donde:

- k: coeficiente de pandeo de placas sujetas a corte puro = 5.0.
- F_{yw}: Esfuerzo de fluencia del alma.

Resistencia de Diseño al Corte :

$$\emptyset V_n = \emptyset(0.6F_{yw})A_w \qquad \text{para } h_c / t_w \le 69.7$$

Para secciones con relaciones ancho – espesor en sus almas mayores del límite antes indicado, se espera que ocurran pandeos inelásticos o elásticos como se observa en la siguiente figura, donde los esfuerzos deben reducirse para prevenir esos problemas.

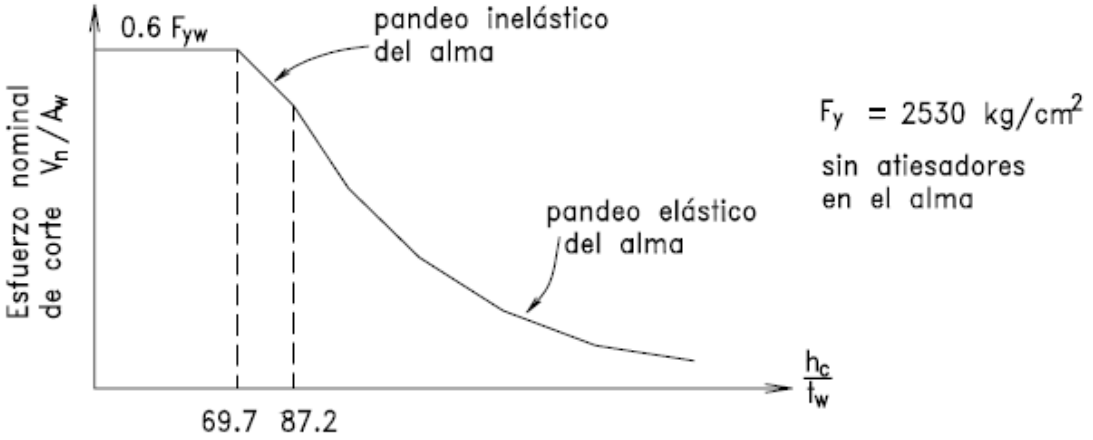


Fig. 7.13

En el caso de almas esbeltas donde no se empleen atiesadores intermedios de almas, son aplicables las siguientes estipulaciones:

Para $h_c / t_w > 1520\sqrt{k / F_{yw}}$: $\emptyset V_n = \emptyset(0.6F_{yw})A_w C_v$ F_{yw} en kg/cm^2.

Donde:

- Ø: Factor de resistencia, que en corte se considera 0.9.
- C_v: relación del esfuerzo crítico de pandeo del alma al esfuerzo de fluencia del material del alma

Para $1520\sqrt{k / F_{yw}} \le h_c / t_w \le 1900\sqrt{k / F_{yw}}$: $C_v = \dfrac{1520\sqrt{k / F_{yw}}}{h_c t_w}$

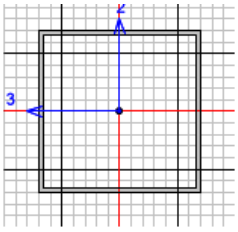
Para $h_c / t_w > 1900\sqrt{k / F_{yw}}$: $C_v = \dfrac{3092200k}{(h_c t_w)^2 F_{yw}}$

5.2.1. RESULTADOS DE DISEÑO

A continuación, se muestra el resultado de diseño de correas mediante el programa SAP2000.

DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES SUJETOS A FLEXIÓN: VIGAS LATERALES

Units Tonf, m, C




```
AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
Units  :  Tonf, m, C

Frame :  1769     X Mid:  0.       Combo:  1.2D+1.0EY+0.5L Design Type:  Beam
Length:  5.4      Y Mid:  8.1      Shape:  100x100mm e=2.5mFrame Type:  OMF
Loc   :  0.       Z Mid:  6.3      Class:  Slender         Princpl Rot: 0. degrees

Provision: LRFD   Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0.95    2nd Order: General 2nd Order        Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0.001  AlphaPr/Pe=0.003  Tau_b=1.         EA factor=0.8     EI factor=0.8

PhiB=0.9          PhiC=0.9          PhiTY=0.9        PhiTF=0.75
PhiS=0.9          PhiS-RI=1.        PhiST=0.9

A=9.750E-04       I33=1.546E-06     r33=0.04         S33=3.092E-05     Av3=5.000E-04
J=2.317E-06       I22=1.546E-06     r22=0.04         S22=3.092E-05     Av2=5.000E-04
E=20000000.       Fy=29570.         Ry=1.1           z33=3.566E-05
RLLF=1.           Fu=40800.                          z22=3.566E-05

HSS Welding: ERW  Reduce HSS Thickness? No


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1.2D+1.0EY+0.5L)
    Location          Pu         Mu33         Mu22         Vu2          Vu3          Tu
    0.             0.027       -0.087       -0.004       -0.049       -0.001  -3.941E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO    (H1.2,H1-1b)
    D/C Ratio:     0.114 = 0. + 0.108 + 0.005
                         = (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)
```

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Minor Bending	1.	1.	1.	1.	1.	1.

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1.	1.	2.62

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	0.027	8.259	25.948

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-0.087	0.806	0.806	0.949
Minor Moment	-0.004	0.806		

	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
Torsion	-3.941E-04	0.842	0.758

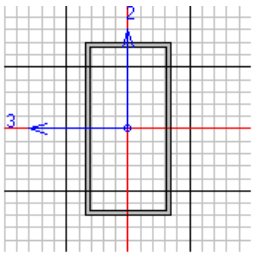
SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	0.049	7.385	0.007	OK
Minor Shear	0.001	7.385	0.	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	-0.099	0.1

DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES SUJETOS A FLEXIÓN: CORREAS



Units Kgf, m, C

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : Kgf, m, C

Frame : 3	X Mid: 12.500	Combo: 1.2D+1.6L	Design Type: Beam
Length: 5.000	Y Mid: 0.000	Shape: 40x80mm e=2mm	Frame Type: SMF
Loc : 5.000	Z Mid: 0.000	Class: Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		
D/C Limit=0.950	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0.000	AlphaPr/Pe=0.000	Tau_b=1.000	EA factor=0.800 EI factor=0.800

PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiTY=0.900	PhiTF=0.750
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900	

A=4.640E-04	I33=0.000	r33=0.029	S33=9.743E-06	Av3=1.600E-04
J=0.000	I22=0.000	r22=0.017	S22=6.559E-06	Av2=3.200E-04
E=2.000E+10	fy=23250000.00	Ry=1.100	z33=1.202E-05	
RLLF=1.000	Fu=31600000.00		z22=7.376E-06	

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

```
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1.2D+1.6L)
    Location            Pu         Mu33         Mu22         Vu2         Vu3          Tu
    5.000            0.000     -139.248        0.000     164.014       0.000       0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO    (H1-1b)
    D/C Ratio:    0.554 = 0.000 + 0.554 + 0.000
                        = (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN    (H1-1b)
    Factor                L          K1          K2          B1          B2          Cm
    Major Bending     1.000       1.000       1.000       1.000       1.000       1.000
    Minor Bending     1.000       1.000       1.000       1.000       1.000       1.000

                       Lltb        Kltb          Cb
    LTB               1.000       1.000       2.382

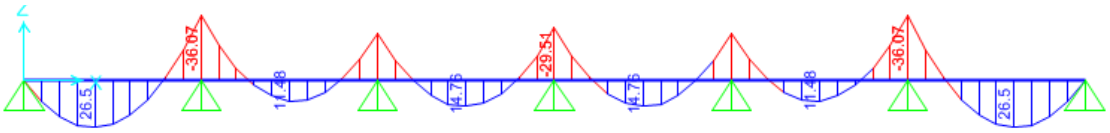
                         Pu     phi*Pnc     phi*Pnt
                      Force    Capacity    Capacity
    Axial             0.000     817.514    9709.200

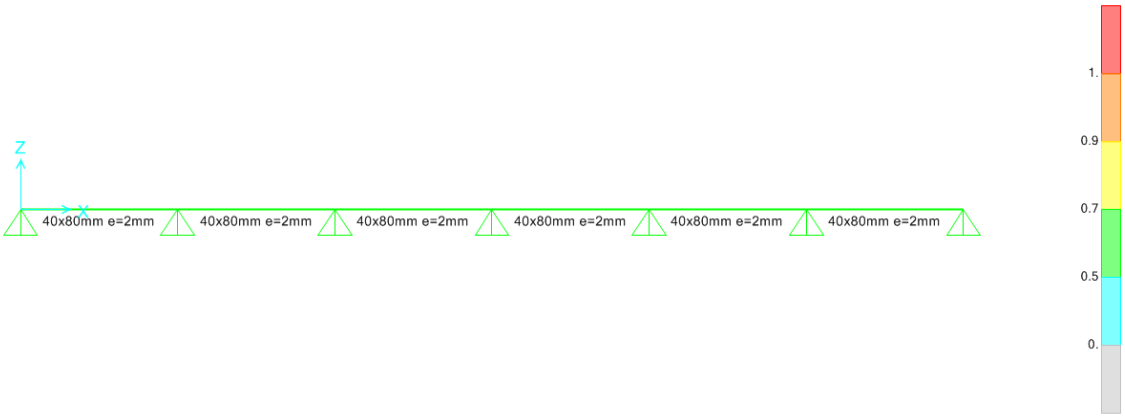
                         Mu      phi*Mn      phi*Mn
                     Moment    Capacity     No LTB
    Major Moment   -139.248     251.435     251.435
    Minor Moment      0.000     154.343

                         Tu          Tn      phi*Tn
                     Moment    Capacity    Capacity
    Torsion           0.000     164.960     148.464

SHEAR CHECK
                         Vu      phi*Vn      Stress      Status
                      Force    Capacity       Ratio       Check
    Major Shear     164.014    3716.280       0.044          OK
    Minor Shear       0.000    1707.480       0.000          OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                     VMajor      VMajor
                       Left       Right
    Major (V2)     157.840     164.014
```

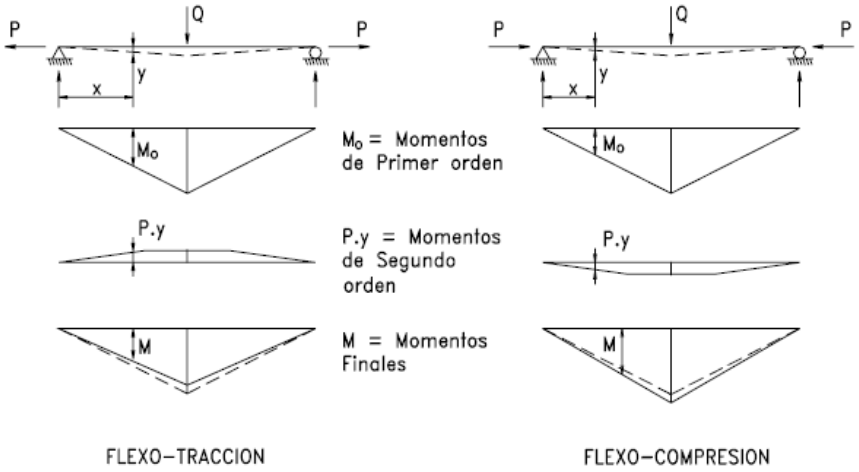




5.3. DISEÑO DE COLUMNAS

5.3.1. MIEMBROS CON CARGA AXIAL COMBINADA CON FLEXIÓN

Las acciones axiales combinadas con flexión, pueden ser de tracción o compresión denominándose Flexo-tracción o Flexo-compresión respectivamente.

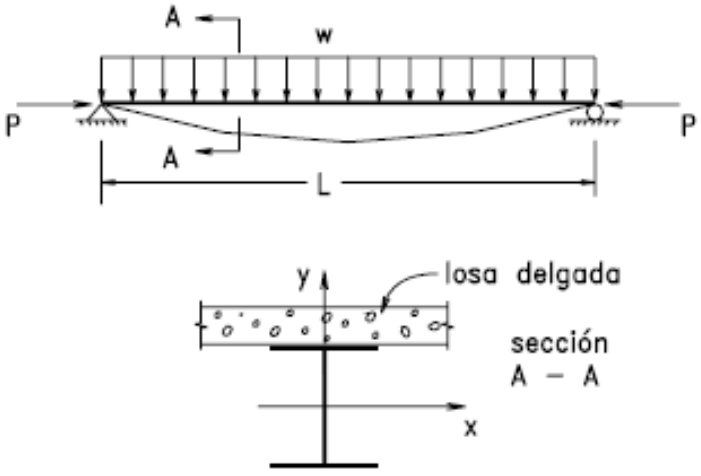


a) Carga axial de tracción: $M = M_o - P \cdot y$

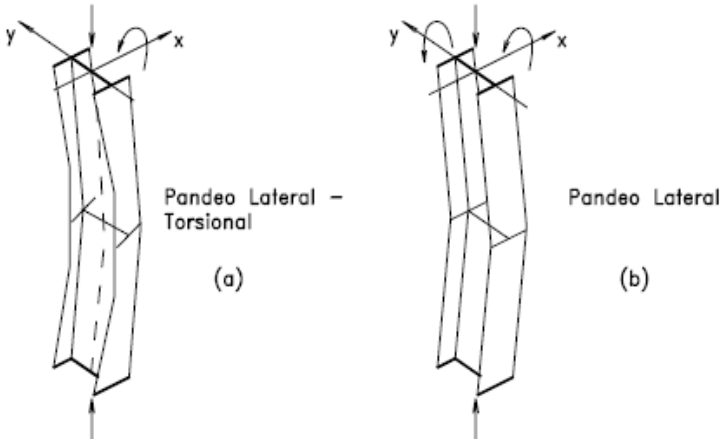
b) Carga axial de compresión: $M = M_o + P \cdot y$

Se puede establecer un número de posibilidades de estados límites de acuerdo a varias posibles combinaciones de la acción axial con la flexión combinadas:

1. Tracción con flexión: la falla es por fluencia usualmente.
2. Compresión con flexión alrededor de un eje: la falla es por inestabilidad en el plano de flexión, sin torsión.



3. Compresión axial con flexión alrededor al eje fuerte: falla por pandeo lateral-torsional.



4. Compresión axial con flexión biaxial y secciones torsionalmente rígidas: la falla es por inestabilidad alrededor de uno de sus ejes.
5. Compresión axial y flexión biaxial en miembros con sección de placas delgadas: la falla es por acción combinada de torsión y flexión.
6. Compresión axial, flexión biaxial y torsión: la falla es por torsión combinada con flexión, cuando el plano de flexión no contiene el centro de corte.

Las especificaciones AISC-LRFD, en la sección H1 estipula lo siguiente:

Fórmula H1-1a: Para $P_u / \phi_c P_n \geq 0.2$

$$P_u / \phi_c P_n + 8/9\left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}}\right) \leq 1.0$$

Fórmula H1-1a: Para $P_u / \phi_c P_n \geq 0.2$

$$1/2\left(P_u / \phi_c P_n\right) + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}}\right) \leq 1.0$$

Donde:

Pu: Carga axial factorizada de compresión

Pn: Resistencia para compresión como columna como si estuviera sometida solamente a compresión axial.

Øc: factor de reducción de resistencia en compresión = 0.85.

Mux: Momento factorizado alrededor del eje X, incluyendo los efectos de segundo orden.

Mnt: Momentos en el pórtico sin traslación de nudos. Pórtico arriostrado.

Mlt: Momentos en el pórtico sin traslación de nudos. Pórtico con traslación de nudos. Pórtico sin arriostrar.

Muy: Igual a Mux, pero con relación al eje Y.

Mnx: Momento nominal de resistencia para flexión al eje X.

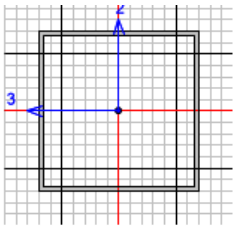
Mny: Igual a Mnx, pero con relación al eje Y.

Øb: factor de reducción de resistencia para miembros en flexión = 0.90.

5.3.2. RESULTADOS DE DISEÑO

A continuación se muestra el resultado de diseño de columnas metálicas mediante el programa SAP2000.

DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES SUJETOS A FUERZAS AXIALES Y MOMENTOS FLECTORES



Units Tonf, m, C

```
AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
Units  :  Tonf, m, C

Frame :  252      X Mid:  22.498    Combo:  1.2D+1.3W1+0.5L Design Type:  Column
Length:  3.       Y Mid:  0.        Shape:  200x200mm e=6mm Frame Type:  OMF
Loc   :  0.       Z Mid:  4.8       Class:  Compact         Princpl Rot: 0. degrees

Provision: LRFD   Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0.95    2nd Order: General 2nd Order       Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0.034  AlphaPr/Pe=0.006  Tau_b=1.         EA factor=0.8     EI factor=0.8

PhiB=0.9          PhiC=0.9          PhiTY=0.9        PhiTF=0.75
PhiS=0.9          PhiS-RI=1.        PhiST=0.9

A=0.005           I33=2.923E-05     r33=0.079        S33=2.923E-04     Av3=0.002
J=4.381E-05       I22=2.923E-05     r22=0.079        S22=2.923E-04     Av2=0.002
E=20000000.       Fy=25300.         Ry=1.501         z33=3.388E-04
RLLF=1.           Fu=40800.                          z22=3.388E-04

HSS Welding: ERW  Reduce HSS Thickness? No


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1.2D+1.3W1+0.5L)
    Location          Pu         Mu33         Mu22         Vu2          Vu3          Tu
    0.            -4.006        2.507       -0.035        1.247       -0.018       -0.011

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO    (H1-1b)
    D/C Ratio:     0.35 = 0.02 + 0.325 + 0.005
                        = (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)
```

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	0.817	1.	1.	1.	1.	1.
Minor Bending	1.	1.	1.	1.	1.	0.374

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1.	1.	2.172

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-4.006	98.17	106.017

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	2.507	7.715	7.715	7.715
Minor Moment	-0.035	7.715		

	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
Torsion	-0.011	6.843	6.159

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	1.247	29.838	0.042	OK
Minor Shear	0.018	29.838	0.001	OK

5.4. CONEXIÓN CON SOLDADURA

5.4.1. GENERALIDADES

Este tipo de conexión consta de la fundición del acero producto de la aplicación de calor intenso a las piezas a soldar por medio de un arco eléctrico y un alambre o varilla de acero (electrodo). La fuente de calor es la energía electrica que produce el arco eléctrico, por lo que se le denomina Soldadura al Arco. Como recomendación las piezas a las que se les aplica este calor deben tener un espesor mínimo de 2 mm. para que no se quemen; para piezas de menor espesor se deben usar Soldadura de Resistencia Electrica que, a través de puntos, con un alto amperaje, produce una fusión localizada del material uniendose las piezas como una costura.

5.4.2. SOLDADURAS ESTRUCTURALES

Son 4 tipos: Soldaduras Acanaladas, Soldaduras de Filete, Soldaduras de Tarugo y Soldaduras de Ranura.

Las soldaduras acanaladas son soldaduras a tope que conectan dos piezas que se encuentran en el mismo plano. Muchas veces transmiten la fuerza total de una pieza a la otra, por lo que deben ser preparadas mediante biseles o canaletas donde se deposita el material de la soldadura para una penetración total de la soldadura. Cuando no se requieren secciones completas de soldaduras se les denomina soldaduras de penetración parcial, depositándose sólo una parte de soldadura.

Las soldaduras de filete no requieren preparación de bordes y son fáciles de ejecutar, en especial en el sitio de la obra. Son llamadas también soldaduras de ángulos porque son especiales para conectar perfiles con planchas.

Las soldaduras de tarugo o de ranura son adecuadas para prevenir que las piezas en la conexión se distorsionen entre cordones muy separados, disminuyendo las distancias de separación de las piezas, y para transmitir esfuerzos.

5.4.3. LIMITACIONES EN TAMAÑOS Y LONGITUDES DE SOLDADURAS DE FILETE

A continuación, se tratan las conexiones con soldaduras de filete mostrando las recomendaciones que AISC-LRFD ha establecido para asegurar que éstas se efectúen correctamente y sean capaces de tener las resistencias de diseño necesarias:

1. **Tamaño mínimo:**

Espesor de la pieza más gruesa unida	**Tamaño mínimo soldadura de filete**		**Tamaño mínimo garganta sold. Penetración parcial**	
T (pulgadas)	Pulg.	mm	Pulg.	mm
1/8< T ≤3/16	1/8	3	1/16	1.5
3/16< T ≤1/4	1/8	3	1/8	3
1/4 < T ≤ 1/2	3/16	5	3/16	5
1/2 < T ≤ 3/4	1/4	6	¼	6
3/4 < T ≤ 1.1/2	5/16	8	5/16	8
1.1/2 < T ≤ 2.1/4	5/16	8	3/8	9.5
2.1/4 < T ≤ 6	5/16	8	½	12
6 < T	5/16	8	5/8	16

La norma E.090 en su artículo 10.2.2. Soldadura de filete en su tabla 10.2.4. Muestra los siguientes valores:

Espesor de la parte unida más gruesa (en mm)	**Tamaño mínimo de la soldadura de filete (a) (en mm)**
Hasta 6 inclusive Sobre 6 a 13 Sobre 13 a 19 Sobre 19	3 5 6 8
(a) Dimensión del lado de la soldadura de filete. Debe emplearse soldadura en sólo una pasada	

2. **Tamaño máximo:**

Cuando el espesor del borde es menor o igual a ¼'', el espesor máximo puede ser w_s = ¼'' (6.4 mm).

Cuando el espesor del borde es mayor de ¼'', el máximo tamaño de la soldadura podrá ser igual al espesor de la pieza menos 1/16'' (1.5 mm).

3. **Longitud mínima de un cordón:**

La longitud l_s del cordónno será menor que 4 veces el tamaño de la soldadura. Asimismo, no menor a la distancia b que los separa. Habrá un retorno de $2w_s$. También la longitud del traslape no será menor de 5T.

5.4.4. RESISTENCIA NOMINAL DE LAS SOLDADURAS

En principio las soldaduras deben tener suficiente material del electrodo adecuado para transmitir todas las cargas que se le impongan; las soldaduras acanaladas se dimensionarán para transmitir los esfuerzos directos, ya sea de tracción, compresión o corte; mientras que las soldaduras de filete, no importa la dirección de la carga, se considerará que la transmisión es siempre por corte en la sección crítica, es decir en la garganta.

Resistencia Nominal de las soldaduras acanaladas: R_{nw}

Se considera que la resistencia de las soldaduras acanaladas es igual a la resistencia del área efectiva de las soldaduras que se unen. Se requiere que, para esfuerzos perpendiculares al cordón, el electrodo deberá tener una resistencia que se compare con la resistencia de las piezas unidas. Si el esfuerzo es de compresión, se permite un material de electrodo hasta 10 ksi o menor.

$R_{nw} = T_e F_y$ para tracción o compresión

$R_{nw} = T_e (0.6) F_y$ para corte

Resistencia Nominal de las soldaduras de filete: R_{nw}

La resistencia R_{nw} de una soldadura de filete por unidad de longitud (por una pulgada, si se trata de unidades inglesas) se basa en la suposición de que la falla de la soldadura es por corte en su sección crítica (área efectiva) o si no por corte en el área de contacto entre el cordón y el material base.

$R_{nw} = T_e (0.60 F_{exx})$ para el metal de soldadura

$R_{nw} = w_s (0.60 F_y)$ para el metal base

5.4.5. ESPECIFICACIONES AISC-LRFD PARA SOLDADURAS

Se debe cumplir que:

$$\phi R_{nw} \geq R_u$$

Donde:

Ø: factor de resistencia
R_{nw}: resistencia nominal
R_u: carga factorizada por unidad de longitud en la unión soldada.

Soldadura acanalada:

La resistencia de diseño de las conexiones acanaladas por unidad de longitud para una soldadura de penetración total depende del tipo de esfuerzo aplicado:

1. Tracción o compresión perpendicular al área efectiva y tracción paralela al eje de la soldadura: eficiencia = 100 %

$ØR_{nw} = 0.90 T_e F_y$ para el material base

$ØR_{nw} = 0.90T_eF_{yw}$ para la soldadura

2. Corte en el área efectiva: eficiencia = 100 %

$ØR_{nw} = 0.90T_e(0.60F_y)$ para el metal base

$ØR_{nw} = 0.80T_e(0.60F_{eex})$ para la soldadura

Soldadura de filete:

La resistencia de diseño por unidad de longitud de cordón de soldadura se basa en la resistencia al corte a través de la garganta de la misma:

$ØR_{nw} = 0.75T_e(0.60F_{exx})$ para la soldadura

Y no menor de la resistencia a la fractura del metal base adyacente:

$ØR_{nw} = 0.75w_s(0.60F_u)$

Donde:

T_e: dimensión de la garganta
w_s: tamaño de la soldadura
F_{exx}: resistencia a la fractura de la soldadura
F_u: resistencia a la fractura del metal base

5.4.6. REULTADOS DE DISEÑO

SOLDADURA

SOLDADURA DE FILETE

DATOS DE DISEÑO

Espesor de la pieza más gruesa	T =	1/8 "	T = 3 mm
Electrodo		E60XX	
Acero del perfil/plancha a soldar	ASTM	A36	
Esfuerzo de fluencia mínimo:	F_y =	2530 Kg/cm2	
Resistencia mínima espec. a tensión:	F_u =	4080 Kg/cm2	
Módulo de Elasticidad:	E =	2000000 Kg/cm2	
Carga Última	P_u =	10.82 Tn	
Longitud de Soldadura	L_s =	30.0 cm	
Arco de Electrodo	Protegido	SMAW	

DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Factor de reducción por compresión:	$Ø_c$ = 0.85	
Factor de reducción por tracción:	$Ø_t$ = 0.9	Fluencia en área total
Factor de reducción por tracción:	$Ø_r$ = 0.75	Fluencia en área neta
Factor de reducción por corte:	$Ø_v$ = 0.75	

Tamaño de soldadura máximo	$w_{s\,máx}$ = 6 mm	
Tamaño de soldadura mínimo	$w_{s\,mín}$ = 3 mm	
Tamaño de soldadura empleada	w_s = 3 mm	
Espesor efectivo de soldadura	T_e = 2 mm	
Resistencia de diseño al corte de la soldadura	$ØR_{nw}$ = 0.40 Tn/cm	
Longitud de los cordones	L = 26.9 cm	**Conforme**

Resumen: Utilizar soldadura 3mm (1/8'') a 6mm (1/4'')

SOLDADURA

SOLDADURA DE FILETE EN COLUMNA - PLACA BASE

DATOS DE DISEÑO

Espesor de la pieza más gruesa	T = 1/4 "	T = 6 mm
Electrodo	E60XX	
Acero del perfil/plancha a soldar	ASTM A36	
Esfuerzo de fluencia mínimo:	F_y = 2530 Kg/cm2	
Resistencia mínima espec. a tensión:	F_u = 4080 Kg/cm2	
Módulo de Elasticidad:	E = 2000000 Kg/cm2	
Carga Última	P_u = 8.56 Tn	
Longitud de Soldadura	L_s = 80.0 cm	
Arco de Electrodo	Protegido SMAW	

DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Factor de reducción por compresión:	$Ø_c$ = 0.85	
Factor de reducción por tracción:	$Ø_t$ = 0.9	Fluencia en área total
Factor de reducción por tracción:	$Ø_r$ = 0.75	Fluencia en área neta
Factor de reducción por corte:	$Ø_v$ = 0.75	
Tamaño de soldadura máximo	$w_{s\,máx}$ = 6 mm	
Tamaño de soldadura mínimo	$w_{s\,mín}$ = 3 mm	
Tamaño de soldadura empleada	w_s = 3 mm	
Espesor efectivo de soldadura	T_e = 2 mm	
Resistencia de diseño al corte de la soldadura	$ØR_{nw}$ = 0.40 Tn/cm	
Longitud de los cordones	L = 21.3 cm	**Conforme**

Resumen: Utilizar soldadura 3mm (1/8'') a 6mm (1/4'')

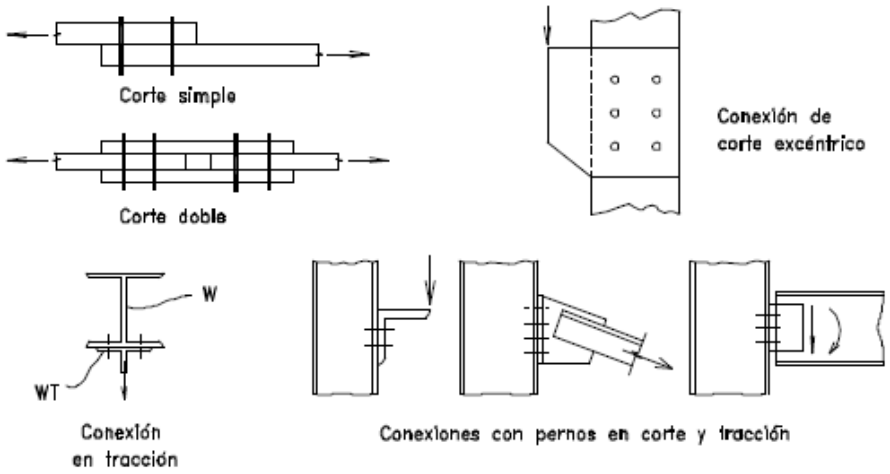
5.5. CONEXIONES EMPERNADAS

5.5.1. PERNOS

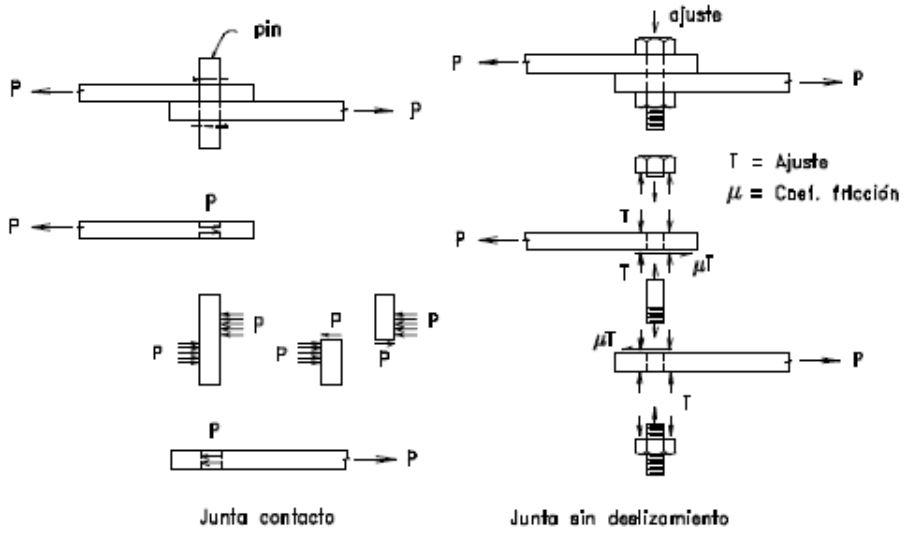
Los más usados son: los pernos comunes, cuya designación es ASTM A307, y los pernos de Alta Resistencia ASTM A325 y ASTM A490. Los primeros son fabricados de acero al carbono, en cambio los de Alta Resistencia, son de aceros tratados o aleados que le dan características especiales para su resistencia, sobretodo en la rosca y la tuerca.

TRANSMISIÓN DE ESFUERZOS EN UNIONES EMPERNADAS TÍPICAS

Las conexiones se pueden realizar con Juntas Contacto o con Juntas sin Deslizamiento. Se observa que los pernos pueden estar sometidos a corte simple o doble (cuando son dos los planos de corte). También, los pernos pueden tener esfuerzos de tracción o esfuerzos combinados de corte y tracción.



En las Figuras que siguen se muestra cómo se trasmiten las fuerzas entre los elementos de las conexiones cuando se trata de Juntas Contacto o Juntas sin Deslizamiento.



ESPECIFICACIONES AISC-LRFD PARA CONECTORES MECÁNICOS EN JUNTAS CONTACTO

La filosofía de las Especificaciones LRFD es:

$$\phi R_n \geq P_u$$

Los Factores de resistencia establecidos son:

Ø = 0.75 para pernos en tracción,
Ø = 0.65 para pernos en corte y
Ø = 0.75 para el caso de aplastamiento.

1. <u>Resistencia de Diseño de Pernos en Corte:</u>

$$\phi R_n = 0.65(0.60F_{bu})mA_b$$

cuando la zona roscada está excluida de los planos de corte, y

$$\phi R_n = 0.65(0.45F_{bu})mA_b$$

cuando la zona roscada está incluida.

donde

$0.6F_{bu}$: es la resistencia a la fractura por corte del material con que está fabricado el perno,
A_b: es el área transversal del perno y
m: el número de áreas de corte que se encuentran en la conexión.

2. Resistencia de Diseño para Pernos en Tracción:

$$\phi R_n = 0.75F_{bu}(0.60A_b)$$

3. Resistencia de Diseño al Aplastamiento:

Según LRFD J3.1a:

1. Para condiciones usuales (huecos estandar, ranurados cortos, distancia a los bordes de 1.5d y entre ellos: 3d; con dos o más pernos en la dirección de la carga) según:

$$\phi R_n = \phi(2.4d \cdot t \cdot F_u) \qquad \phi = 0.75$$

2. Mismas condiciones que a) pero huecos ranurados largos perpendiculares a la dirección del esfuerzo:

$$\phi R_n = \phi(2.0L \cdot t \cdot F_u) \qquad \phi = 0.75$$

t = espesor

3. Para el perno más cercano al borde con condiciones distintas a las anteriores:

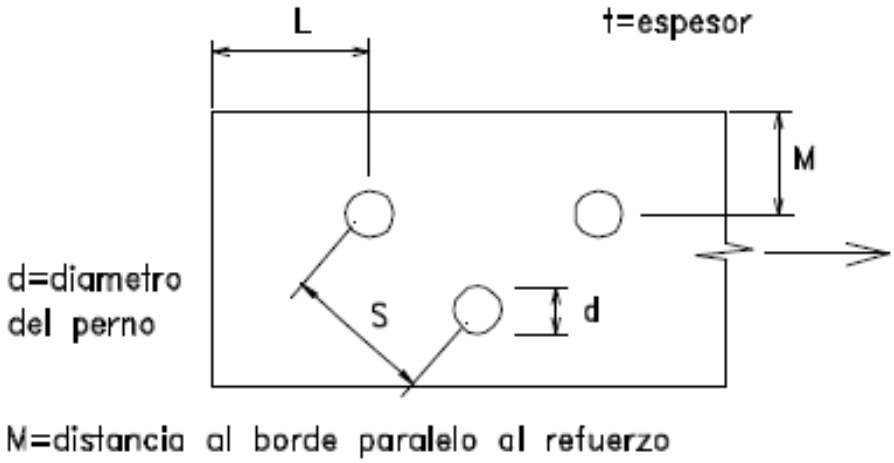
$$\phi R_n = \phi L \cdot t \cdot F_u \qquad \phi = 0.75$$

L = distancia al borde desde el centro del hueco.

4. Cuando se tolera una ovalización superior a 0.25":

$$\phi R_n = \phi(3.0d \cdot t \cdot F_u) \qquad \phi = 0.75$$

5. Disposición de los Pernos en una Junta empernada:



1. Mínimo espaciamiento entre pernos (LRFD-3.9):

$S = 3d$ preferentemente, pero no menos de (2.2/3)d.

2. Distancia mínima desde el centro del hueco al borde perpendicular:

$L \geq P_u / (f \cdot F_u \cdot t)$ pero no menor que 1.5d ni la distancia dada en la Tabla inferior. Esta Tabla vale también para los bordes paralelos a la dirección del esfuerzo.

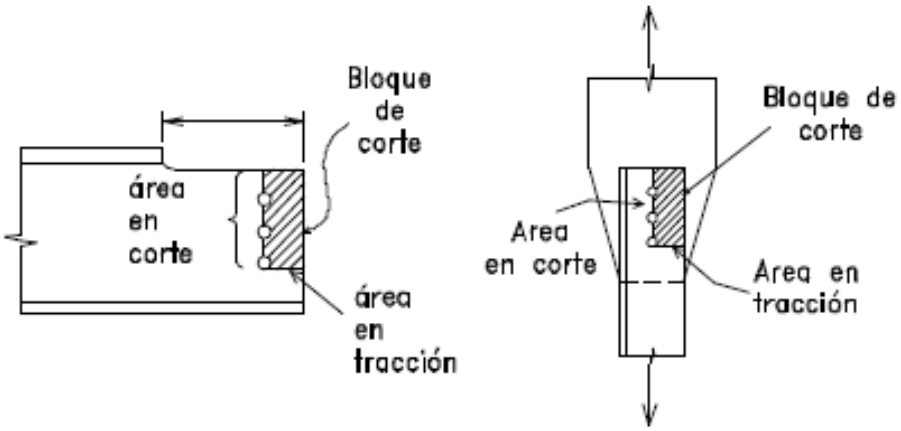
3. Distancia mínima desde el centro del hueco al borde paralelo a la dirección del esfuerzo (M):

Diámetro del Perno	**Bordes cizallados**		**Bordes laminados o cortados con oxi-acetileno**	
Pulg	**Pulg**	**(mm)**	**Pulg**	**(mm)**
1/2	7/8	(22)	3/4	(19)
5/8	1.1/8	(28)	7/8	(22)
3/4	1.1/4	(32)	1	(25)
7/8	1.1/2	(38)	1.1/8	(28)
1	1.3/4	(44)	1.1/4	(32)
1.1/8	2	(50)	1.1/2	(38)
1.1/4	2.1/4	(56)	1.5/8	(41)
Más de 1.1/4	1.75 diám.		1.25 diám.	

4. Distancia Máxima de los Pernos a los bordes: Ahora se especifica que no sea mayor a 12 t ni 6.0 pulg. (150 mm), para evitar la separación entre las piezas que produce corrosión.

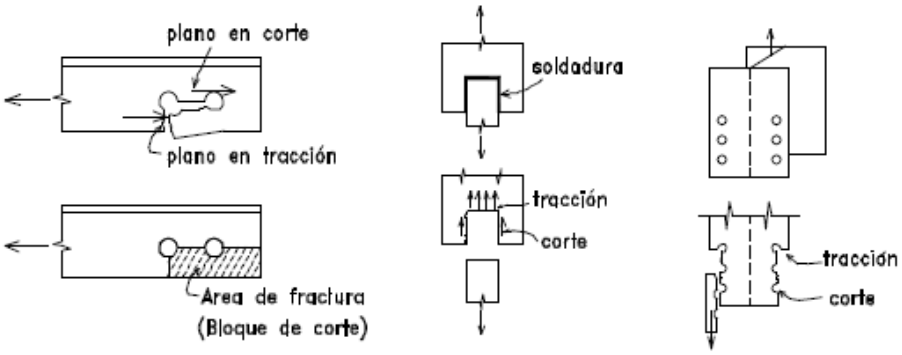
5.5.2. BLOQUE DE CORTE

Este tipo de falla se encontró que ocurría en las llamadas vigas copadas y es ahora aparente que este estado límite también controla en algunos casos el comportamiento en los extremos conectados de los miembros en tracción.



Esto se debe a que, ahora, se usan menos conectores con pernos de alta resistencia y más altos esfuerzos de aplastamiento, por lo que el bloque de corte es cada vez más reducido en el material unido y puede constituir una falla prematura. Cosa parecida ocurre con los cordones de soldadura, ahora más cortos por los mayores esfuerzos que pueden soportar.

En las conexiones de extremos, la senda de la menor resistencia no siempre será controlada por An o Ae, mas bien existe una senda de falla que envuelve dos planos, Tracción en uno y Corte en el otro plano perpendicular, puede ser más crítica como se muestra en las figuras.



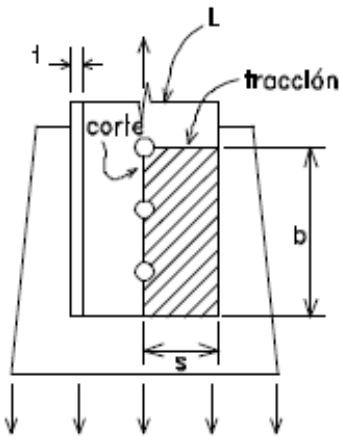
La falla que involucra tracción en un plano y corte simultáneo en otro perpendicular se llama bloque de corte. Una vez que ocurre una fractura en un plano (sería coincidencia que pasara lo mismo en los dos planos simultáneamente), la fuerza entera se transfiere al otro plano para completarse la falla. Las comparaciones con pruebas indican que un modelo que se basa en la fractura de la sección neta en un plano, con la fluencia en la sección total en el otro plano perpendicular, da buenos resultados en el vaticinio de la falla. Por consiguiente, hay dos posibles formas de falla:

5. Fractura de tracción (F_u) con fluencia de corte ($0.6F_y$) o
6. Fractura de corte ($0.6F_u$) con fluencia de tracción (F_y).

El plano que tiene la mayor resistencia (soporta la mayor fuerza) es el que controla; la razón es porque se acerca más a la realidad. Para el Bloque de Corte se define el área fracturada por la línea de centros de los conectores. En este caso los resultados de experimentos concuerdan mejor si se consideran los huecos iguales al diámetro de los pernos aumentados en 1/16" (0.16 cm), solamente, en vez de 1/8" (0.32 cm).

Para determinar el Bloque de Corte de la Conexión:

A_{vg} = área total en corte = b.t
A_{ns} = área neta en corte = t [b - 2.1/2 (d + h)]
A_{tg} = área total en tracción = s.t
A_{nt} = área neta en tracción = t [s - 1/2 (d + h)]
$Ø_t$ = 0.75, factor de resistencia.
h = huelgo = 1/16" (0.16 cm), en vez de 0.32 cm
d = diámetro del conector
t = espesor



5.5.3. MIEMBROS CONECTADOS POR PASADORES

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

La resistencia de diseño en tracción, $\phi_t P_n$, o la resistencia admisible en tracción, P_n/Ω, de miembros conectados por pasadores, debe ser el menor valor determinado de acuerdo con los estados límites de rotura en tracción, rotura en corte, aplastamiento, y fluencia.

(a) Para rotura en tracción en el área neta efectiva será:

$$P_n = F_u(2tb_e) \qquad \phi = 0.75 \text{ LRFD}$$

(b) Para rotura en corte en el área efectiva:

$$P_n = 0.6F_u A_{sf} \quad \phi = 0.75 \text{ LRFD}$$

Donde

A_{sf} = área en la ruta de falla por corte = 2t(a + d/2), cm^2 (mm^2).
a = distancia más corta desde el borde de la perforación del pasador hasta el borde del miembro medido paralelamente a la dirección de la fuerza, cm (mm).
b_e = 2t + 1,6, cm (= 2t + 16, mm) pero no más que la distancia actual entre el borde de la perforación hasta el borde de la parte medida en la dirección normal a la fuerza aplicada, cm (mm).
d = diámetro del pasador, cm (mm).
t = espesor de la plancha, cm (mm).

(c) Para aplastamiento en el área proyectada del pasador.
(d) Para fluencia en la sección bruta, usar Sección D2(a).

REQUERIMIENTOS DIMENSIONALES

La perforación del pasador debe estar localizada a media distancia entre los bordes del miembro en la dirección normal a la fuerza aplicada. Cuando se espera que el pasador permita el movimiento relativo entre las partes conectadas bajo máxima carga, el diámetro de la perforación del pasador no debe ser 1 mm más grande que el diámetro del pasador.

El ancho de la plancha donde se encuentra la perforación del pasador no debe ser menor que $2b_e$ + d. La mínima extensión, a, más allá del extremo sometido a aplastamiento de la perforación del pasador, paralelo al eje del miembro, no debe ser menor que $1{,}33b_e$ Las esquinas más allá de la perforación del pasador están permitidas de ser cortadas en 45° al eje del miembro, siempre que el área neta mas allá de la perforación del pasador, en un plano perpendicular al corte, no sea menor que la requerida más allá de la perforación del pasador paralelo al eje del miembro.

5.5.4. RESULTADOS DE DISEÑO

CONCEXIONES EMPERNADAS

PIN EN EL CAJÓN DE APOYO

DATOS DE DISEÑO

Pin **A325-N de Ø = 3/4''**

Tipo de Perno	A325 Zona roscada incluida/excluida en planos de corte N	
Diámetro del perno:	d = 1.91 cm	d = 3/4''
Área Transversal del perno:	A_b = 2.85 cm2	
Esfuerzo de fluencia mínimo del perno:	F_{by} = 6430 Kg/cm2	
Resistencia a la fractura de fluencia del perno:	F_{bu} = 8430 Kg/cm2	
Número de Áreas de Corte:	m = 1	
Número de Pernos en la dirección de la carga:	n = 1	
Condición de la ubicación de los pernos:	Para condiciones usuales (huecos estándar ranurados cortos)	
Distancia más corta desde el borde de perforación :	a = 20.0 cm	
Distancia de zona de falla:	b = 20.0 cm	
Distancia del eje de los pernos al borde lateral:	s = 17.0 cm	

Cajón apoyo **ASTM A36 de e = 5/16''**

Espesor de la Plancha:	t = 0.79 cm	t = 5/16''
Ancho de la Plancha:	B = 41.0 cm	
Huelgo:	h = 0.16 cm	
Esfuerzo de fluencia mínimo de la plancha:	F_y = 2530 Kg/cm2	
Resistencia a la fractura de fluencia de la plancha:	F_u = 4080 Kg/cm2	

RESISTENCIA DE DISEÑO DEL PASADOR (PIN)

Factor de reducción por corte:	Ø = 0.65	
Factor de reducción por aplastamiento:	Ø = 0.75	
Carga última:	P_u = 4.87 Tn	
Corte:	$ØR_n$ = 7.03 Tn	
Aplastamiento en la plancha:	$ØR_n$ = 11.11 Tn	
Número de Pernos:	Nro = 0.69	**Nro = 1 Perno**

DISPOSICIÓN DEL PASADOR (PIN)

Distancia mínima desde el centro del hueco al borde perpendicular:	L = 2.00 cm	Conforme
Distancia mínima desde el centro del hueco al borde perpendicular:	L = 3.20 cm	Conforme
Distancia mínima desde el centro del hueco al borde paralelo:	s = 3.20 cm	Conforme

RESISTENCIA DE DISEÑO DEL CAJÓN DE APOYO

Factor de reducción:	$Ø_t$ = 0.90	
Factor de reducción:	$Ø_r$ = 0.75	
Carga última:	P_u = 4.87 Tn	
Área total de la sección:	A_g = 32.55 cm2	
Área neta efectiva:	A_n = 30.79 cm2	
Área neta efectiva máxima:	A_n = 27.67 cm2	
Sección efectiva:	A_e = 27.67 cm2	
Límite de fluencia en la sección total:	$ØP_{nf}$ = 74.13 Tn	Conforme
límite de fractura en la sección efectiva:	$ØP_{nr}$ = 84.67 Tn	Conforme

RESISTENCIA A TRACCIÓN EN MIEMBROS CONECTADOS POR PASADORES (CAJÓN DE APOYO)

Factor de reducción:	Ø = 0.75		
Distancia b_e:	b_e = 3.2 cm		
Área en la ruta de falla por corte:	A_{sf} = 33.27 cm2		
Resistencia a tracción:			
Para rotura en tracción en el área neta efectiva:		$ØP_n$ = 15.49 Tn	Conforme
Para rotura en corte en el área efectiva:		$ØP_n$ = 61.09 Tn	Conforme

REQUERIMIENTOS DIMENSIONALES

Ancho mínimo de la plancha B:	$B_{mín}$ = 8.3 cm	Conforme
Mínima extensión de a:	$a_{mín}$ = 4.2 cm	Conforme

Resumen: Utilizar PL ASTM A36 de e = 5/16'' en el cajón de apoyo con pin A325-N de Ø = 3/4''.

CONEXIONES EMPERNADAS

PIN PARA LOS COLGADORES DE LAS VIGAS A

DATOS DE DISEÑO

Pin	**A325-N de Ø = 1/2''**		
Tipo de Perno	A325 Zona roscada incluida/excluida en planos de corte	N	
Diámetro del perno:	d = 1.27 cm	d = 1/2''	
Área Transversal del perno:	A_b = 1.27 cm2		
Esfuerzo de fluencia mínimo del perno:	F_{by} = 6430 Kg/cm2		
Resistencia a la fractura de fluencia del perno:	F_{bu} = 8430 Kg/cm2		
Número de Áreas de Corte:	m = 1		
Número de Pernos en la dirección de la carga:	n = 1		
Condición de la ubicación de los pernos:	Para condiciones usuales (huecos estándar ranurados cortos)		
Distancia más corta desde el borde de perforación :	a = 5.0 cm		
Distancia de zona de falla:	b = 5.0 cm		
Distancia del eje de los pernos al borde lateral:	s = 5.0 cm		
Cajón apoyo	**ASTM A36 de e = 1/4''**		
Espesor de la Plancha:	t = 0.64 cm	t = 1/4''	
Ancho de la Plancha:	B = 10.0 cm		
Huelgo:	h = 0.16 cm		
Esfuerzo de fluencia mínimo de la plancha:	F_y = 2530 Kg/cm2		
Resistencia a la fractura de fluencia de la plancha:	F_u = 4080 Kg/cm2		

RESISTENCIA DE DISEÑO DEL PASADOR (PIN)

Factor de reducción por corte:	Ø = 0.65	
Factor de reducción por aplastamiento:	Ø = 0.75	
Carga última:	P_u = 0.33 Tn	
Corte:	ØR_n = 3.12 Tn	
Aplastamiento en la plancha:	ØR_n = 5.92 Tn	
Número de Pernos:	Nro = 0.11	**Nro = 1 Perno**

DISPOSICIÓN DEL PASADOR (PIN)

Distancia mínima desde el centro del hueco al borde perpendicular:	L = 0.17 cm	Conforme
Distancia mínima desde el centro del hueco al borde perpendicular:	L = 2.20 cm	Conforme
Distancia mínima desde el centro del hueco al borde paralelo:	s = 2.20 cm	Conforme

RESISTENCIA DE DISEÑO DEL CAJÓN DE APOYO

Factor de reducción:	$Ø_t$ = 0.90	
Factor de reducción:	$Ø_r$ = 0.75	
Carga última:	P_u = 0.33 Tn	
Área total de la sección:	A_g = 6.35 cm2	
Área neta efectiva:	A_n = 5.34 cm2	
Área neta efectiva máxima:	A_n = 5.40 cm2	
Sección efectiva:	A_e = 5.34 cm2	
Límite de fluencia en la sección total:	$ØP_{nf}$ = 14.46 Tn	Conforme
límite de fractura en la sección efectiva:	$ØP_{nr}$ = 16.34 Tn	Conforme

RESISTENCIA A TRACCIÓN EN MIEMBROS CONECTADOS POR PASADORES (CAJÓN DE APOYO)

Factor de reducción:	Ø = 0.75	
Distancia b_e:	b_e = 2.9 cm	
Área en la ruta de falla por corte:	A_{sf} = 7.16 cm2	
Resistencia a tracción:		
Para rotura en tracción en el área neta efectiva:	$ØP_n$ = 11.15 Tn	Conforme
Para rotura en corte en el área efectiva:	$ØP_n$ = 13.14 Tn	Conforme

REQUERIMIENTOS DIMENSIONALES

Ancho mínimo de la plancha B:	$B_{mín}$ = 7.0 cm	Conforme
Mínima extensión de a:	$a_{mín}$ = 3.8 cm	Conforme

Resumen: Utilizar PL ASTM A36 de e = 1/4'' en el cajón de apoyo con pin A325-N de Ø = 1/2''.

5.6. PLANCHAS DE APOYO DE COLUMNAS Y PERNOS DE ANCLAJE

Las planchas de apoyo para columnas tienen por objeto repartir la carga de la columna en un área suficiente de apoyo sobre el concreto armado para prevenir el aplastamiento del mismo; asimismo, sirve para anclar la columna mediante pernos de anclaje.

5.6.1. PLANCHAS DE APOYO

Consideraciones:

- El área de la plancha de base depende de la resistencia del concreto.
- El espesor de la plancha es controlado por la resistencia en flexión de la misma. Cuando las dimensiones de la plancha B y N son relativamente grandes con relación a las dimensiones exteriores del perfil b y d, existe el enfoque tradicional de diseñar la plancha con voladizos m y n uniformemente cargados.
- Para aquellas planchas que reciben cargas de las columnas relativamente pequeñas, las dimensiones B y N pueden resultar menores de las dimensiones b y d por lo que se deben tratar como planchas cuyas mínimas dimensiones serán B=b y N=d, cargadas uniformemente sobre un área de forma H.

AISC-LRFD establece para el concreto, en su Sección D-J9 que:

$$\phi_c P_c \geq P_u$$

- Si el área del apoyo de concreto está cubierta completamente por la plancha:

$$P_p = 0.85 f'_c A_1 \qquad A_1 = A_2$$

Si el área de la plancha A1 es menor que la superficie de concreto sobre la que descansa A2, que sea geométricamente similar y concéntricamente cargada:

$$P_p = 0.85 f'_c A_1 \sqrt{A_2 / A_1} \leq 0.85 f'_c (2A_1) \qquad A_1 < A_2$$

Donde:

$\emptyset_c$ = 0.60 para concreto
f'_c: resistencia del concreto a los 28 días
P_p: resistencia nominal del concreto contra el aplastamiento de la plancha
A_1: área de la plancha
A_2: área del pedestal o zapata

Cuando se emplea el método del cantiliver, se supone el área bajo la plancha uniformemente cargada y el momento factorizado en las secciones es:

$M_u = (P_u / B \cdot N) \cdot (N \cdot n^2 / 2)$ (en la sección paralela al alma de la columna)

$M_u = (P_u / B \cdot N) \cdot (B \cdot m^2 / 2)$ (en la sección paralela a las alas de la columna)

El estado límite de fluencia para la sección de la plancha requiere:

$$\phi_b M_n \geq M_u$$

Donde:

$$\phi_b M_n = \phi_b M_p = \phi_b Z \cdot F_y = 0.9(N \cdot t^2 / 4) F_y \text{ o } 0.9(B \cdot t^2 / 4) F_y$$

De donde:

$$t = \sqrt{\frac{2 P_u n^2}{BN \phi_b F_y}} \qquad \text{o} \qquad t = \sqrt{\frac{2 P_u m^2}{BN \phi_b F_y}}$$

El mayor de m o n controlará el espesor t de la plancha.

5.6.2. PERNOS DE ANCLAJE

Para asegurar la plancha de apoyo de las columnas a la cimentación es necesario emplear pernos de anclaje que son varillas lisas con extremos roscados. Los pernos de anclaje solamente son diseñados para tracción.

Para el tipo de perno de anclaje que se recomienda siempre que sea de acero A36 o 307 y debe cumplir con los siguientes requerimientos, para que sean confiables:

- Concreto de resistencia $f'_c \geq 210 \text{ kg/cm}^2$

- Para no recortar el cono de arrancamiento que se opone a la fuerza de tracción del perno, la distancia al borde más cercano de la cimentación, no será menor a 5d ni 10 cm.
- La longitud de anclaje L_d debe ser mayor o igual a 12d, donde d es el diámetro del perno.

Los pernos de anclaje deben verificarse su estado límite por fluencia mediante la siguiente expresión:

$$\phi R_n = \phi \cdot F_{by} \cdot A_b \qquad \phi = 0.90$$

Y debe verificarse el estado límite por fractura en la zona roscada mediante la siguiente expresión:

$$\phi R_n = \phi \cdot F_{bu} \cdot (0.75 \cdot A_b) \qquad \phi = 0.75$$

Donde:

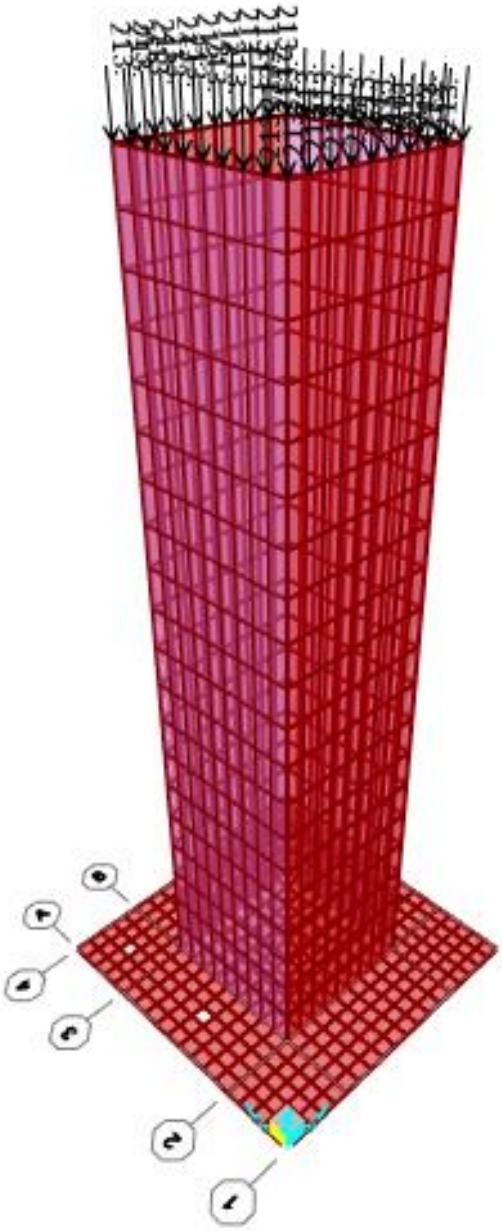
$ØR_n$: resistencia de diseño
R_n: resistencia nominal
Ø: factor de resistencia
A_b: área transversal del perno
F_{by}: Esfuerzo de fluencia mínimo del acero con que está hecho el perno.
F_{bu}: Resistencia a la fractura de fluencia del acero con que está hecho el perno.

Se debe cumplir:

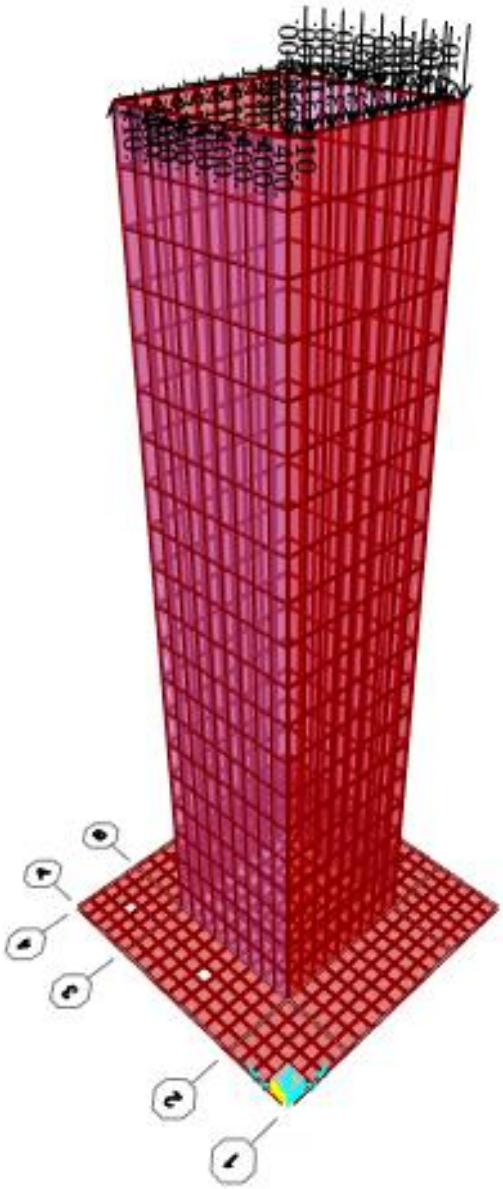
$$T_u \leq \phi R_n$$

5.6.3. RESULTADOS DE ANÁLISIS PARA DISEÑO DE PLACA BASE Y PERNOS DE ANCLAJE

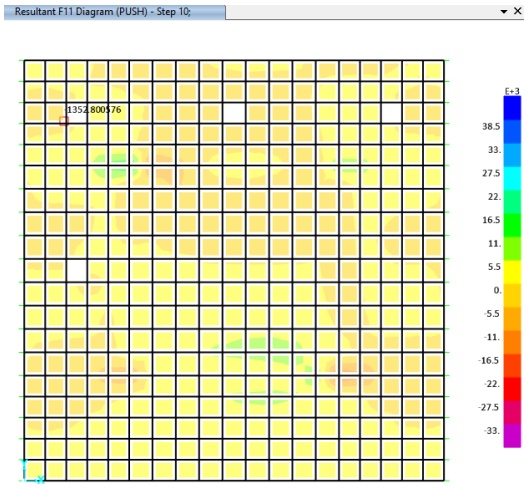
Se modeló la placa base en el programa SAP 2000 con las cargas más críticas y utilizando el análisis por elementos finitos para luego proceder al diseño mediante la hoja de cálculo correspondiente.

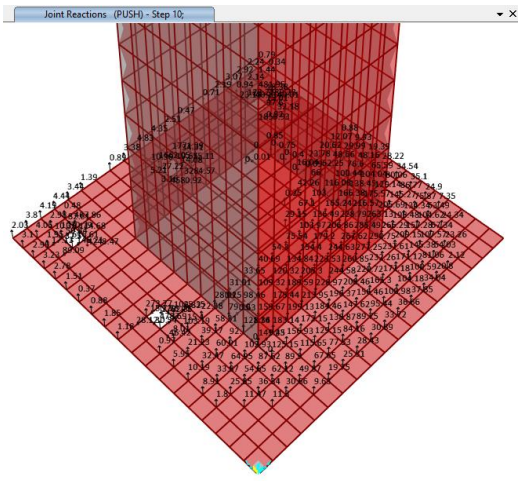


Asignación de cargas por carga axial



Asignación de cargas por momentos





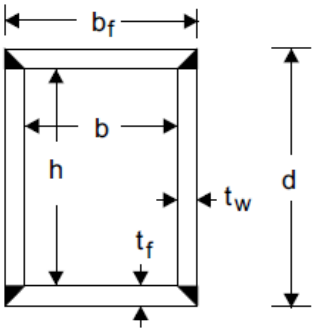
PLACA BASE PARA COLUMNA

PLACA BASE PARA COLUMNA C-1

DATOS DE DISEÑO

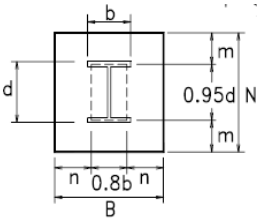
Dimensiones del perfil

Peralte:	d = 20 cm		
Ancho:	b_f = 20 cm		
Espesor:	t_f = 0.60 cm		
Espesor:	t_w = 0.60 cm		
Propiedades del Acero:	ASTM A36		
Propiedades de Resistencia			
Esfuerzo de fluencia mínimo:	F_y = 2530 Kg/cm2		
Módulo de Elasticidad:	E = 2000000 Kg/cm2		
Resistencia a la compresión concreto:	f'_c = 210 Kg/cm2		
Fuerzas Aplicadas			
Carga Axial última	P_u = 7.66 Tn		
Momento Flector último en X	M_{ux} = 0.80 Tn-m	Por rigidizad	e_x = 10.44 cm
Momento Flector último en X	M_{uy} = 2.62 Tn-m	Por rigidizad	e_y = 34.20 cm
Dimensiones dado/zapata de concreto			
Ancho:	A = 0.50 m		
Largo:	L = 0.50 m		



DIMENSIONAMIENTO DE LA PLACA BASE POR CARGA AXIAL SOLAMENTE

Factor de reducción por aplastamiento del concreto	ϕ_c = 0.6	
Factor de reducción por flexión	ϕ = 0.9	
Área mínima de la placa base	$A_{1mín}$ = 400.0 cm2	
Área de la base de concreto	A_2 = 2500.0 cm2	
Área de la placa base calculada igual a base de concreto	A_1 = 71.5 cm2	
Relación de la raiz cuadrada A_1 y A_2 (no mayor que 2)	$\sqrt{A_2/A_1}$ = 2.00	
Área de la placa base calculada para placa mínima	A_1 = 400.0 cm2	
Optimización de las dimensiones de la placa base	Δ = 0.00 cm	
Largo de la placa base	N = 20.00 cm	
Ancho de la placa base	B = 20.00 cm	
Dimensiones finales de la placa base	**A_1 = 1600.0 cm2**	
Largo de la placa base	**N = 40 cm**	
Ancho de la placa base	**B = 40 cm**	



Cálculo del espesor requerido para la placa base

Parámetro m	m = 10.50 cm		Parámetro λ (menor que 1)	λ = 0.1503	
Parámetro n	n = 19.72 cm		Parámetro λn'	λn' = 0.75 cm	
Parámetro $\phi_c P_p$	$\phi_c P_p$ = 342.72 Tn	Conforme	Parámetro l = máx(m,n,λn')	l = 19.72 cm	
Parámetro X	X = 0.022		Espesor requerido	t_{req} = 1.28 cm	

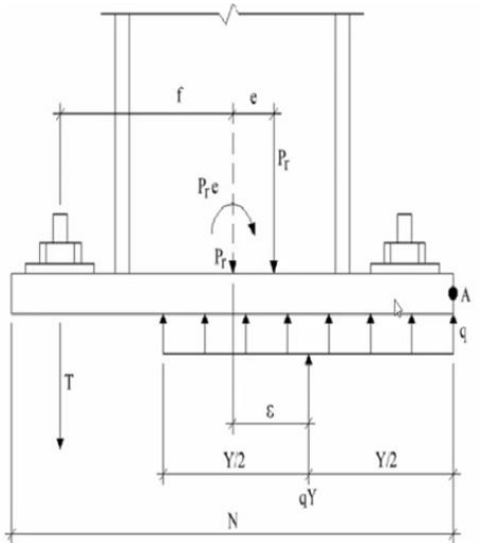
Dimensión final del espesor de la placa base **t = 1.27 cm**

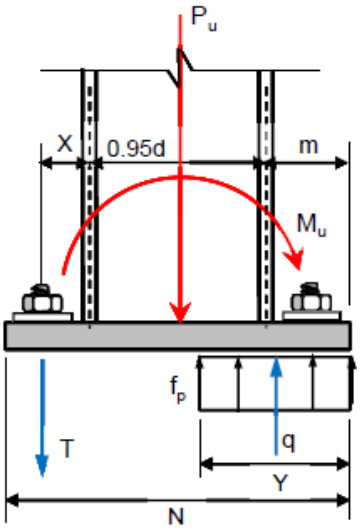
DIMENSIONAMIENTO DE LA PLACA BASE POR FLEXIÓN

Excentricidad M_u/P_u	e_x = 10.44 cm	e_y = 34.20 cm
Esfuerzo actuante en compresión máximo	$f_{pmáx}$ = 214 Kg/cm2	$f_{pmáx}$ = 214 Kg/cm2
Reacción q máxima en el concreto	$q_{máx}$ = 8.6 Tn/cm	$q_{máx}$ = 8.6 Tn/cm
Excentricidad Crítica	e_{crit} = 19.55 cm	e_{crit} = 19.55 cm
Condición de diseño por momentos	Momentos Pequeños	Momentos Grandes

Espesor de placa base requerido por momentos $t_{req} = \sqrt{\frac{4M_u}{0.9F_y}}$ **t_{req} = 2.15 cm**

Use placa de las siguientes medidas: **PL 400mm x 400mm x 12.7mm**





DIMENSIONAMIENTO DE PERNOS

Factor de Reducción		Ø = 0.90	
Fuerza de tracción en perno más crítico		T_u = 4432.05 kg	
Diámetro de perno propuesto		**Ø $_{perno}$ = 5/8 ''**	
Área		A_g = 1.98 cm2	
Chequeo	$T_u \le ØR_n$ $\quad R_n = F_y A_g$	ØR$_n$ = 4506.93 kg	**Conforme**

Resumen

- Las columnas son de perfil tubular cuadrado ASTM A36 de 200x200x6mm.
- La placa base está conformado por plancha PL de 40x40 cm con e=1/2'' y pernos de 5/8''.

Todos los procedimientos, cálculos y resultados cumplen la Norma de Estructuras Metálicas E.090 del RNE y todas las disposiciones especiales para elementos resistentes a sismos.

5.7. RESULTADOS DE DISEÑO DEL PROGRAMA SAP2000

TABLE: Steel Design 1 – Summary Data – AISC 360-10							
Frame	**DesignSect**	**DesignType**	**Ratio**	**RatioType**	**Combo**	**Location**	**ErrMsg**
Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text
2	200x200mm e=6mm	Column	0.350027	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
3	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.126389	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
4	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.116502	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
5	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.114094	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
6	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.126885	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
7	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.12946	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
8	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.120418	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
9	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.128586	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
10	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.119179	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
11	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.124364	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
12	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.109597	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
13	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.112343	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
14	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.093299	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
15	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.094154	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
16	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.076827	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
17	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.075476	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
18	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.061611	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
19	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059404	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
20	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059457	PMM	0.9D+1.3W1	0.39628	No Messages
21	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.076204	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.00375	No Messages
22	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064705	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
23	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067987	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
24	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.069234	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
25	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.073376	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
26	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.078383	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
27	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.083204	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
28	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.088404	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
29	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.093268	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
30	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.097568	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
31	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.100107	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
32	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.102103	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
33	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.102447	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
34	50x100mm e=3mm	Brace	0.460861	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
35	50x100mm e=3mm	Brace	0.558855	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
36	50x100mm e=3mm	Brace	0.562489	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
37	50x100mm e=3mm	Brace	0.562257	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
38	50x100mm e=3mm	Brace	0.565458	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
39	50x100mm e=3mm	Brace	0.528629	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
40	50x100mm e=3mm	Brace	0.531082	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
41	50x100mm e=3mm	Brace	0.492759	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
42	50x100mm e=3mm	Brace	0.493933	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
43	50x100mm e=3mm	Brace	0.438386	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
44	50x100mm e=3mm	Brace	0.438943	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
45	50x100mm e=3mm	Brace	0.364369	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
46	50x100mm e=3mm	Brace	0.364399	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
47	50x100mm e=3mm	Brace	0.299345	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
48	50x100mm e=3mm	Brace	0.299071	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
49	50x100mm e=3mm	Brace	0.147619	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
50	50x100mm e=3mm	Brace	0.147188	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages

51	50x100mm e=3mm	Brace	0.127894	PMM	0.9D+1.3W1	0.3916	No Messages
52	50x100mm e=3mm	Brace	0.127781	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
53	50x100mm e=3mm	Brace	0.137582	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
54	50x100mm e=3mm	Brace	0.137085	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
55	50x100mm e=3mm	Brace	0.144898	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.39156	No Messages
56	50x100mm e=3mm	Brace	0.144414	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
57	50x100mm e=3mm	Brace	0.265979	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
58	50x100mm e=3mm	Brace	0.265174	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
59	50x100mm e=3mm	Brace	0.297105	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
60	50x100mm e=3mm	Brace	0.296234	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
61	50x100mm e=3mm	Brace	0.324009	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
62	50x100mm e=3mm	Brace	0.323443	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
63	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.134404	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.49572	No Messages
64	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.073306	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
65	50x50mm e=2.5mm	Column	0.064097	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
66	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.059924	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
67	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040818	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
68	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040533	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
69	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.054716	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
70	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.028211	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
71	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.062909	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
72	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030543	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
73	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.066399	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
74	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.034787	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
75	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.067624	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
76	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.041438	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
77	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.067364	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
78	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.046475	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
79	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.063725	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
80	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.049794	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
81	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.061861	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
82	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.050601	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.26417	No Messages
83	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.058089	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.26417	No Messages
84	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.054755	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.26418	No Messages
85	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.049384	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.26415	No Messages
86	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040517	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
87	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.02455	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
88	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.033951	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
89	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.023697	PMM	0.9D+1.3W1	0.52835	No Messages
90	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.02737	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
91	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.026657	PMM	0.9D+1.3W1	0.52835	No Messages
92	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.025742	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.26417	No Messages
93	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030698	PMM	0.9D-1.3W1	0.52835	No Messages
94	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029265	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
95	50x100mm e=3mm	Brace	0.334665	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
96	50x100mm e=3mm	Brace	0.33445	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
97	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029653	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
98	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015966	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
99	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.012435	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
100	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.012989	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
101	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.012303	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
102	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.01154	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
103	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.010875	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
104	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.009477	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages

105	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.008973	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
106	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00771	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
107	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006958	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
108	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005896	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
109	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005226	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
110	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004606	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
111	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003601	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
112	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003732	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
113	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002576	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
114	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003325	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
115	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00224	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
116	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00294	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.34996	No Messages
117	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027321	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
118	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003559	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
119	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003165	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
120	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00462	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
121	50x50mm e=2.5mm	Column	0.003877	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
122	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004651	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
123	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004385	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
124	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004987	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
125	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004649	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
126	50x50mm e=2.5mm	Column	0.005095	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L (Sp)	0	No Messages
127	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.12866	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
128	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.12486	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
129	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.114497	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
130	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.129966	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
131	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.138255	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
132	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.130797	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
133	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.139767	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
134	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.128528	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
135	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.134239	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
136	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.1173	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
137	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.120363	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
138	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.098925	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
139	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.099957	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
140	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.082114	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
141	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.080966	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
142	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062924	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
143	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.060671	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
144	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058986	PMM	0.9D-1.3W1	0.39628	No Messages
145	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.079807	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.00375	No Messages
146	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.061834	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
147	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063111	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
148	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062922	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
149	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.070458	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
150	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.072645	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
151	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.076961	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
152	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.083214	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
153	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.088991	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
154	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.093547	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
155	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.097266	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
156	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.099961	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
157	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.101688	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
158	50x100mm e=3mm	Brace	0.467995	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages

159	50x100mm e=3mm	Brace	0.580439	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
160	50x100mm e=3mm	Brace	0.58402	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
161	50x100mm e=3mm	Brace	0.594114	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
162	50x100mm e=3mm	Brace	0.597273	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
163	50x100mm e=3mm	Brace	0.568375	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
164	50x100mm e=3mm	Brace	0.57078	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
165	50x100mm e=3mm	Brace	0.532289	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
166	50x100mm e=3mm	Brace	0.533615	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
167	50x100mm e=3mm	Brace	0.469803	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
168	50x100mm e=3mm	Brace	0.47043	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
169	50x100mm e=3mm	Brace	0.386795	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
170	50x100mm e=3mm	Brace	0.386826	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
171	50x100mm e=3mm	Brace	0.320256	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
172	50x100mm e=3mm	Brace	0.319909	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
173	50x100mm e=3mm	Brace	0.151428	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
174	50x100mm e=3mm	Brace	0.150844	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
175	50x100mm e=3mm	Brace	0.126436	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
176	50x100mm e=3mm	Brace	0.126482	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
177	50x100mm e=3mm	Brace	0.13201	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
178	50x100mm e=3mm	Brace	0.131741	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
179	50x100mm e=3mm	Brace	0.133899	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.39156	No Messages
180	50x100mm e=3mm	Brace	0.133039	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
181	50x100mm e=3mm	Brace	0.154451	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
182	50x100mm e=3mm	Brace	0.153651	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
183	50x100mm e=3mm	Brace	0.277118	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
184	50x100mm e=3mm	Brace	0.276282	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
185	50x100mm e=3mm	Brace	0.309646	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
186	50x100mm e=3mm	Brace	0.309137	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
187	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.134443	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.49572	No Messages
188	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.073347	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
189	50x50mm e=2.5mm	Column	0.064131	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
190	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.063502	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
191	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036895	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
192	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.043027	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
193	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.052386	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
194	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027859	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
195	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.062154	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
196	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030535	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
197	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.067164	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
198	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.034778	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
199	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.07008	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
200	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040496	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
201	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.071183	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
202	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.047376	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
203	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.069087	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
204	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.05228	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
205	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.066652	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
206	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.054855	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.26417	No Messages
207	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.062066	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.26417	No Messages
208	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.058774	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.26418	No Messages
209	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.05246	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.26415	No Messages
210	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040051	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
211	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.025151	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
212	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.03367	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages

213	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.023611	PMM	0.9D-1.3W1	0.52835	No Messages
214	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029127	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
215	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.026202	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
216	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027411	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.26417	No Messages
217	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029339	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
218	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030953	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26437	No Messages
219	50x100mm e=3mm	Brace	0.329023	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
220	50x100mm e=3mm	Brace	0.32888	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
221	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029648	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
222	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015966	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
223	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.012799	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
224	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.01356	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
225	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.012752	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
226	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.012174	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
227	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.011388	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
228	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.010233	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
229	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.009517	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
230	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.008291	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
231	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.007542	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
232	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006267	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
233	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005608	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
234	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004897	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
235	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003928	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
236	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003658	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
237	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002582	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
238	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002885	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
239	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002264	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
240	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002939	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.34996	No Messages
241	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.026992	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
242	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003365	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
243	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003165	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
244	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004032	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
245	50x50mm e=2.5mm	Column	0.003671	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
246	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004123	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
247	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004251	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
248	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004536	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
249	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004577	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
252	200x200mm e=6mm	Column	0.350046	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
253	200x200mm e=6mm	Column	0.29623	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
254	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.072747	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
255	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059233	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
256	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.196134	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
257	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06789	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
258	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066309	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
259	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059454	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
260	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063681	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
261	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064253	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
262	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066185	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
263	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065554	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
264	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067196	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
265	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063773	PMM	0.9D-1.3W1	0.40003	No Messages
266	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064706	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
267	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06092	PMM	0.9D+1.3W1	0.40003	No Messages
268	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062003	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages

269	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063611	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
270	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065495	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
271	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065079	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.39628	No Messages
272	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067894	PMM	0.9D-1.3W1	0.00375	No Messages
273	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06545	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
274	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066907	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
275	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063247	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
276	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064485	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
277	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058891	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
278	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059647	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
279	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.056306	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
280	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058276	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
281	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.05381	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
282	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.054178	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
283	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.051371	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
284	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.051508	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
285	50x100mm e=3mm	Brace	0.433273	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
286	50x100mm e=3mm	Brace	0.28082	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
287	50x100mm e=3mm	Brace	0.283055	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
288	50x100mm e=3mm	Brace	0.268008	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
289	50x100mm e=3mm	Brace	0.269716	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
290	50x100mm e=3mm	Brace	0.272498	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
291	50x100mm e=3mm	Brace	0.272959	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
292	50x100mm e=3mm	Brace	0.291833	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
293	50x100mm e=3mm	Brace	0.292159	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
294	50x100mm e=3mm	Brace	0.295861	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
295	50x100mm e=3mm	Brace	0.296045	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
296	50x100mm e=3mm	Brace	0.28458	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
297	50x100mm e=3mm	Brace	0.284634	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
298	50x100mm e=3mm	Brace	0.260291	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
299	50x100mm e=3mm	Brace	0.260188	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
300	50x100mm e=3mm	Brace	0.146001	PMM	0.9D+1.3W1	0.3916	No Messages
301	50x100mm e=3mm	Brace	0.145984	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
302	50x100mm e=3mm	Brace	0.146801	PMM	0.9D+1.3W1	0.3916	No Messages
303	50x100mm e=3mm	Brace	0.146676	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
304	50x100mm e=3mm	Brace	0.147307	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
305	50x100mm e=3mm	Brace	0.146889	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
306	50x100mm e=3mm	Brace	0.144017	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.39156	No Messages
307	50x100mm e=3mm	Brace	0.143572	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
308	50x100mm e=3mm	Brace	0.13275	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
309	50x100mm e=3mm	Brace	0.13225	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
310	50x100mm e=3mm	Brace	0.123563	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
311	50x100mm e=3mm	Brace	0.122945	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
312	50x100mm e=3mm	Brace	0.116438	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
313	50x100mm e=3mm	Brace	0.11601	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
314	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.157425	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.49572	No Messages
315	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.124635	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
316	50x50mm e=2.5mm	Column	0.107521	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
317	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040951	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
318	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.044714	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.52835	No Messages
319	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035038	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
320	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.039413	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
321	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.03126	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
322	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035381	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages

323	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.02829	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
324	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032342	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
325	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.025412	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
326	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.03008	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.52835	No Messages
327	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.023512	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
328	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.03362	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
329	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.024992	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
330	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.037205	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
331	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.026834	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
332	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.039672	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
333	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.033718	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.52835	No Messages
334	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.043713	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
335	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.041262	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.26418	No Messages
336	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040961	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
337	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.020275	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
338	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.024493	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
339	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.018043	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
340	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.028527	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
341	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.020363	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
342	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032399	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
343	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029189	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
344	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036446	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
345	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.038264	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
346	50x100mm e=3mm	Brace	0.103325	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
347	50x100mm e=3mm	Brace	0.103109	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
348	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.042392	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
349	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015521	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
350	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006176	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
351	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005302	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.175	No Messages
352	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006443	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
353	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005744	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
354	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00644	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
355	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005814	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
356	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006081	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
357	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005575	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
358	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005421	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
359	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005283	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
360	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004525	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
361	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004819	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
362	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003775	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
363	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004195	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
364	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003183	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
365	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003555	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
366	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003028	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
367	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002981	PMM	0.9D+1.3W1	0.17498	No Messages
368	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030307	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
369	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003419	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
370	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002511	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
371	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005114	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
372	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002708	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
373	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004908	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
374	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002793	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
375	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004665	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
376	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002842	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages

377	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002239	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
378	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.074941	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
379	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063849	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
380	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.213781	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
381	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.070462	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
382	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.070628	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
383	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063345	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
384	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.068218	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
385	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064367	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
386	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067109	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
387	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064328	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
388	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066796	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
389	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.060936	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
390	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063096	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
391	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058998	PMM	0.9D-1.3W1	0.40003	No Messages
392	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.060077	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
393	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.061773	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
394	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063022	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
395	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062443	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.39628	No Messages
396	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064925	PMM	0.9D+1.3W1	0.00375	No Messages
397	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062081	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
398	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062881	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
399	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059511	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
400	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062744	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
401	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.0542	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
402	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.056069	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
403	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.052739	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
404	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.054347	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
405	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.049835	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
406	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.049972	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
407	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.048623	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
408	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.049841	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
409	50x100mm e=3mm	Brace	0.440156	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
410	50x100mm e=3mm	Brace	0.299329	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
411	50x100mm e=3mm	Brace	0.301721	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
412	50x100mm e=3mm	Brace	0.284034	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
413	50x100mm e=3mm	Brace	0.285968	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
414	50x100mm e=3mm	Brace	0.289907	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
415	50x100mm e=3mm	Brace	0.290709	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
416	50x100mm e=3mm	Brace	0.302036	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
417	50x100mm e=3mm	Brace	0.302618	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
418	50x100mm e=3mm	Brace	0.300096	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
419	50x100mm e=3mm	Brace	0.300446	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
420	50x100mm e=3mm	Brace	0.283471	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
421	50x100mm e=3mm	Brace	0.283604	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
422	50x100mm e=3mm	Brace	0.252381	PMM	0.9D+1.3W1	0.3916	No Messages
423	50x100mm e=3mm	Brace	0.252308	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
424	50x100mm e=3mm	Brace	0.148088	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
425	50x100mm e=3mm	Brace	0.14812	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
426	50x100mm e=3mm	Brace	0.147148	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
427	50x100mm e=3mm	Brace	0.147111	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
428	50x100mm e=3mm	Brace	0.145391	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
429	50x100mm e=3mm	Brace	0.145126	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
430	50x100mm e=3mm	Brace	0.139318	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.39156	No Messages

431	50x100mm e=3mm	Brace	0.139026	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
432	50x100mm e=3mm	Brace	0.125383	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
433	50x100mm e=3mm	Brace	0.125016	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
434	50x100mm e=3mm	Brace	0.117252	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
435	50x100mm e=3mm	Brace	0.11671	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
436	50x100mm e=3mm	Brace	0.109164	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
437	50x100mm e=3mm	Brace	0.108785	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
438	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.157408	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.49572	No Messages
439	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.124596	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
440	50x50mm e=2.5mm	Column	0.107493	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
441	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.037386	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
442	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040036	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.52835	No Messages
443	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032197	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
444	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036535	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
445	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029063	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
446	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.034332	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
447	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.026683	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
448	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032959	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
449	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.024133	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
450	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032116	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
451	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.023498	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
452	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035494	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
453	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.024978	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
454	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.039096	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
455	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.028634	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
456	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.042559	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
457	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035842	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.52835	No Messages
458	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.046395	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
459	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.043545	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.26418	No Messages
460	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.043064	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
461	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.020274	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
462	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.025383	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
463	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.018045	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
464	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029284	PMM	0.9D-1.3W1	0.52835	No Messages
465	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.022081	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
466	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032998	PMM	0.9D-1.3W1	0.52835	No Messages
467	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030896	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
468	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036602	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
469	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.039932	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
470	50x100mm e=3mm	Brace	0.097876	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
471	50x100mm e=3mm	Brace	0.097741	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
472	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.042385	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
473	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015519	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
474	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006346	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
475	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005466	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
476	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006958	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
477	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005984	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
478	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006924	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
479	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006094	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
480	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006513	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
481	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005991	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
482	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005785	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
483	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005662	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
484	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004967	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages

485	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00511	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
486	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004062	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
487	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004385	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
488	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003338	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
489	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003604	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
490	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003196	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
491	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003126	PMM	0.9D-1.3W1	0.17498	No Messages
492	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031266	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
493	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003368	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
494	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002431	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
495	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00516	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
496	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002746	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
497	50x50mm e=2.5mm	Column	0.00496	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
498	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002592	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
499	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004715	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
500	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002697	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
502	200x200mm e=6mm	Column	0.315354	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
504	200x200mm e=6mm	Column	0.328262	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
505	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.080631	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
506	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062625	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
507	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.247869	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
508	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.080533	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
509	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063598	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
510	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058243	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
511	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.05978	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
512	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062202	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
513	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063537	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
514	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065131	PMM	0.9D-1.3W1	0.40003	No Messages
515	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065446	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
516	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065357	PMM	0.9D-1.3W1	0.40003	No Messages
517	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065199	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
518	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067278	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
519	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06929	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
520	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.071152	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
521	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.072734	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
522	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.071633	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.39628	No Messages
523	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.075686	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.00375	No Messages
524	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.070493	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
525	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.071152	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
526	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066221	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
527	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067352	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
528	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058608	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
529	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058317	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
530	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.050222	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
531	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.050903	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
532	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.043656	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
533	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.043971	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
534	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.038584	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.40003	No Messages
535	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.038919	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
536	50x100mm e=3mm	Brace	0.53813	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
537	50x100mm e=3mm	Brace	0.327087	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
538	50x100mm e=3mm	Brace	0.327244	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
539	50x100mm e=3mm	Brace	0.271634	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
540	50x100mm e=3mm	Brace	0.271717	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages

541	50x100mm e=3mm	Brace	0.265769	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
542	50x100mm e=3mm	Brace	0.265781	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
543	50x100mm e=3mm	Brace	0.278856	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
544	50x100mm e=3mm	Brace	0.278927	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
545	50x100mm e=3mm	Brace	0.279553	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
546	50x100mm e=3mm	Brace	0.279496	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
547	50x100mm e=3mm	Brace	0.279397	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
548	50x100mm e=3mm	Brace	0.279365	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
549	50x100mm e=3mm	Brace	0.264405	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
550	50x100mm e=3mm	Brace	0.264398	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
551	50x100mm e=3mm	Brace	0.26522	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
552	50x100mm e=3mm	Brace	0.265494	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
553	50x100mm e=3mm	Brace	0.269056	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
554	50x100mm e=3mm	Brace	0.26926	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
555	50x100mm e=3mm	Brace	0.261164	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
556	50x100mm e=3mm	Brace	0.261308	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
557	50x100mm e=3mm	Brace	0.14988	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.39156	No Messages
558	50x100mm e=3mm	Brace	0.150011	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
559	50x100mm e=3mm	Brace	0.130194	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
560	50x100mm e=3mm	Brace	0.130233	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
561	50x100mm e=3mm	Brace	0.10398	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
562	50x100mm e=3mm	Brace	0.103983	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
563	50x100mm e=3mm	Brace	0.084827	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
564	50x100mm e=3mm	Brace	0.08487	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
565	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.153038	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.49572	No Messages
566	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.122014	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
567	50x50mm e=2.5mm	Column	0.113057	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
568	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.041599	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
569	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.057173	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
570	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040326	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
571	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.049899	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
572	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.038217	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
573	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.042978	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
574	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035098	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
575	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036308	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
576	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031145	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
577	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029877	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
578	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027948	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
579	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029347	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.52835	No Messages
580	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027396	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
581	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031672	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.52835	No Messages
582	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027098	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
583	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036003	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.52835	No Messages
584	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029163	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
585	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.039883	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.52835	No Messages
586	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035482	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26418	No Messages
587	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.037174	PMM	0.9D-1.3W1	0.26415	No Messages
588	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015807	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
589	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027539	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
590	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.016675	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
591	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031046	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
592	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.023641	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
593	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.034079	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
594	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032102	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages

595	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.037009	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
596	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040504	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
597	50x100mm e=3mm	Brace	0.064339	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
598	50x100mm e=3mm	Brace	0.064356	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
599	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.042136	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
600	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015761	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
601	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006024	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
602	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004819	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
603	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004736	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
604	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004813	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
605	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004469	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
606	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004719	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
607	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004371	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
608	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004715	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
609	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004139	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
610	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004609	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
611	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00393	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
612	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004385	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
613	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003513	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
614	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004039	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
615	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003478	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
616	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003678	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
617	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003339	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
618	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003332	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.17498	No Messages
619	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.0317	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
620	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003551	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
621	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002442	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
622	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005288	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
623	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002698	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
624	50x50mm e=2.5mm	Column	0.005068	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
625	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002242	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
626	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004822	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
627	50x50mm e=2.5mm	Column	0.001669	PMM	0.9D+1.0EY	0	No Messages
628	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002233	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
629	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.082333	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
630	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066932	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
631	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.263611	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
632	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.08264	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
633	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067597	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
634	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058847	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
635	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.060424	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
636	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06019	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
637	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.061814	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
638	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.060767	PMM	0.9D+1.3W1	0.40003	No Messages
639	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.061445	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
640	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059737	PMM	0.9D+1.3W1	0.40003	No Messages
641	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.060314	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
642	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064351	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
643	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06582	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
644	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067658	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
645	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.068745	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
646	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067773	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.39628	No Messages
647	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.071385	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.00375	No Messages
648	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066459	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages

649	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066726	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
650	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063437	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
651	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065837	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
652	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.054412	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
653	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.053808	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
654	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.047478	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
655	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.048025	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
656	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.041056	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
657	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.041237	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
658	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.038603	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.40003	No Messages
659	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.038906	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
660	50x100mm e=3mm	Brace	0.541403	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
661	50x100mm e=3mm	Brace	0.343765	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
662	50x100mm e=3mm	Brace	0.343895	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
663	50x100mm e=3mm	Brace	0.289417	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
664	50x100mm e=3mm	Brace	0.289502	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
665	50x100mm e=3mm	Brace	0.277603	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
666	50x100mm e=3mm	Brace	0.277684	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
667	50x100mm e=3mm	Brace	0.278264	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
668	50x100mm e=3mm	Brace	0.27843	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
669	50x100mm e=3mm	Brace	0.268222	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
670	50x100mm e=3mm	Brace	0.26845	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
671	50x100mm e=3mm	Brace	0.260663	PMM	0.9D+1.3W1	0.3916	No Messages
672	50x100mm e=3mm	Brace	0.260755	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
673	50x100mm e=3mm	Brace	0.247437	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
674	50x100mm e=3mm	Brace	0.247514	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
675	50x100mm e=3mm	Brace	0.259229	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
676	50x100mm e=3mm	Brace	0.259422	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
677	50x100mm e=3mm	Brace	0.2621	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
678	50x100mm e=3mm	Brace	0.262237	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
679	50x100mm e=3mm	Brace	0.25385	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
680	50x100mm e=3mm	Brace	0.253941	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
681	50x100mm e=3mm	Brace	0.1453	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.39156	No Messages
682	50x100mm e=3mm	Brace	0.145387	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
683	50x100mm e=3mm	Brace	0.125568	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
684	50x100mm e=3mm	Brace	0.125574	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
685	50x100mm e=3mm	Brace	0.099147	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
686	50x100mm e=3mm	Brace	0.099126	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
687	50x100mm e=3mm	Brace	0.081932	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
688	50x100mm e=3mm	Brace	0.081982	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
689	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.153018	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.49572	No Messages
690	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.121974	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
691	50x50mm e=2.5mm	Column	0.113028	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
692	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036032	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
693	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.051896	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
694	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035614	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
695	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.046656	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
696	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.034111	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
697	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.041537	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
698	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031681	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
699	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036653	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
700	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.02844	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
701	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031877	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
702	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027773	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages

703	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030757	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.52835	No Messages
704	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027384	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
705	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032742	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.52835	No Messages
706	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027086	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
707	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036269	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.52835	No Messages
708	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030626	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
709	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.039597	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.52835	No Messages
710	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.037348	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
711	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.03622	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.52829	No Messages
712	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015807	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
713	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027237	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
714	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.016673	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
715	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030933	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
716	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.023846	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
717	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.03424	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
718	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032685	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
719	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.03721	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
720	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.041597	PMM	0.9D-1.3W1	0.26437	No Messages
721	50x100mm e=3mm	Brace	0.061377	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
722	50x100mm e=3mm	Brace	0.061401	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
723	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.042129	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
724	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.01576	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
725	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006088	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
726	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004805	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
727	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005056	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
728	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004655	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
729	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00465	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
730	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004453	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
731	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004361	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
732	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004362	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
733	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003977	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
734	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004237	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
735	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003675	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
736	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004037	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
737	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003456	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
738	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003758	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
739	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00347	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
740	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003496	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
741	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00334	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
742	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003346	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.17498	No Messages
743	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032882	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
744	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003511	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
745	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002486	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
746	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005381	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
747	50x50mm e=2.5mm	Column	0.00266	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
748	50x50mm e=2.5mm	Column	0.005208	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
749	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002251	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
750	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004983	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
751	50x50mm e=2.5mm	Column	0.001668	PMM	0.9D+1.0EY	0	No Messages
753	200x200mm e=6mm	Column	0.350183	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
755	200x200mm e=6mm	Column	0.337237	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
756	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.083313	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
757	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065777	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
758	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.257586	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages

759	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.081686	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
760	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067187	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
761	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.057939	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
762	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.05872	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
763	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06144	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
764	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06184	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
765	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064989	PMM	0.9D-1.3W1	0.40003	No Messages
766	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06515	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
767	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065193	PMM	0.9D-1.3W1	0.40003	No Messages
768	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064932	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
769	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.069007	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
770	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.069378	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
771	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.072663	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
772	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.072736	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
773	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.072732	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.39628	No Messages
774	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.074943	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.00375	No Messages
775	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.071121	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
776	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.07059	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
777	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.0663	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
778	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06544	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
779	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058161	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
780	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.056967	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
781	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.047597	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
782	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.046789	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
783	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.04065	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
784	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.039672	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
785	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.037618	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.40003	No Messages
786	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.037591	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
787	50x100mm e=3mm	Brace	0.558623	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
788	50x100mm e=3mm	Brace	0.345108	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
789	50x100mm e=3mm	Brace	0.345114	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
790	50x100mm e=3mm	Brace	0.280978	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
791	50x100mm e=3mm	Brace	0.280958	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
792	50x100mm e=3mm	Brace	0.268219	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
793	50x100mm e=3mm	Brace	0.2682	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
794	50x100mm e=3mm	Brace	0.280021	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
795	50x100mm e=3mm	Brace	0.280002	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
796	50x100mm e=3mm	Brace	0.280916	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
797	50x100mm e=3mm	Brace	0.280903	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
798	50x100mm e=3mm	Brace	0.28122	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
799	50x100mm e=3mm	Brace	0.281208	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
800	50x100mm e=3mm	Brace	0.266619	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
801	50x100mm e=3mm	Brace	0.266609	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
802	50x100mm e=3mm	Brace	0.275716	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
803	50x100mm e=3mm	Brace	0.275728	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
804	50x100mm e=3mm	Brace	0.279263	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
805	50x100mm e=3mm	Brace	0.279273	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
806	50x100mm e=3mm	Brace	0.269787	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
807	50x100mm e=3mm	Brace	0.269796	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
808	50x100mm e=3mm	Brace	0.248236	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.39156	No Messages
809	50x100mm e=3mm	Brace	0.248327	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
810	50x100mm e=3mm	Brace	0.131887	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
811	50x100mm e=3mm	Brace	0.13189	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
812	50x100mm e=3mm	Brace	0.103775	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages

813	50x100mm e=3mm	Brace	0.103778	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
814	50x100mm e=3mm	Brace	0.080954	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
815	50x100mm e=3mm	Brace	0.080954	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
816	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.152828	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.49572	No Messages
817	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.12115	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
818	50x50mm e=2.5mm	Column	0.111101	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
819	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.041591	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
820	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.059194	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
821	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040443	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
822	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.05336	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
823	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.038711	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
824	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.046451	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
825	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035837	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
826	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.038885	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
827	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031912	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
828	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031129	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
829	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.028138	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
830	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029044	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.26417	No Messages
831	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.026712	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
832	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031431	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
833	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.026239	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
834	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035585	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
835	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.0276	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.26417	No Messages
836	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.039368	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
837	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.034954	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26418	No Messages
838	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.037433	PMM	0.9D-1.3W1	0.26415	No Messages
839	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.01654	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
840	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.028508	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
841	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.017816	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
842	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031901	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
843	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.024451	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
844	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.034734	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
845	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032828	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
846	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.037401	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
847	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.041047	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
848	50x100mm e=3mm	Brace	0.05835	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
849	50x100mm e=3mm	Brace	0.05835	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
850	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.041563	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
851	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.01535	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
852	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006181	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
853	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004854	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
854	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004645	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.175	No Messages
855	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004831	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
856	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004458	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
857	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004719	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
858	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004384	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
859	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004716	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
860	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00414	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
861	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004619	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
862	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003936	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
863	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004407	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
864	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003526	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
865	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004077	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
866	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00346	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages

867	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003737	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
868	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003336	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
869	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003412	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.17498	No Messages
870	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031984	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
871	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003625	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
872	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002474	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
873	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005358	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
874	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002719	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
875	50x50mm e=2.5mm	Column	0.005106	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
876	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002252	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
877	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004834	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
878	50x50mm e=2.5mm	Column	0.00169	PMM	0.9D+1.0EY	0	No Messages
879	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002367	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
880	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.084954	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
881	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.070058	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
882	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.273	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
883	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.083741	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
884	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.071145	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
885	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059083	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
886	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059357	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
887	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058928	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
888	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059141	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
889	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059819	PMM	0.9D+1.3W1	0.40003	No Messages
890	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059893	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
891	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059718	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
892	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.060357	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
893	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065629	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
894	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065993	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
895	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.068867	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
896	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.068947	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
897	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.068771	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.39628	No Messages
898	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.071146	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.00375	No Messages
899	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067202	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
900	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066686	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
901	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06281	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
902	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062905	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
903	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.054483	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
904	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.053289	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
905	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.045161	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
906	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.044414	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
907	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.038484	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
908	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.038065	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
909	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.037638	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.40003	No Messages
910	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.037576	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
911	50x100mm e=3mm	Brace	0.561177	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
912	50x100mm e=3mm	Brace	0.361206	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
913	50x100mm e=3mm	Brace	0.361213	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
914	50x100mm e=3mm	Brace	0.301077	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
915	50x100mm e=3mm	Brace	0.301057	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
916	50x100mm e=3mm	Brace	0.281111	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
917	50x100mm e=3mm	Brace	0.281091	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
918	50x100mm e=3mm	Brace	0.279258	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
919	50x100mm e=3mm	Brace	0.279241	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
920	50x100mm e=3mm	Brace	0.267753	PMM	0.9D+1.3W1	0.3916	No Messages

921	50x100mm e=3mm	Brace	0.26774	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
922	50x100mm e=3mm	Brace	0.260386	PMM	0.9D+1.3W1	0.3916	No Messages
923	50x100mm e=3mm	Brace	0.260375	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
924	50x100mm e=3mm	Brace	0.252586	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
925	50x100mm e=3mm	Brace	0.252599	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
926	50x100mm e=3mm	Brace	0.267512	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
927	50x100mm e=3mm	Brace	0.267524	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
928	50x100mm e=3mm	Brace	0.270321	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
929	50x100mm e=3mm	Brace	0.270331	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
930	50x100mm e=3mm	Brace	0.261059	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
931	50x100mm e=3mm	Brace	0.261068	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
932	50x100mm e=3mm	Brace	0.148565	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.39156	No Messages
933	50x100mm e=3mm	Brace	0.148611	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
934	50x100mm e=3mm	Brace	0.127479	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
935	50x100mm e=3mm	Brace	0.127482	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
936	50x100mm e=3mm	Brace	0.099661	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
937	50x100mm e=3mm	Brace	0.099663	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
938	50x100mm e=3mm	Brace	0.078228	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
939	50x100mm e=3mm	Brace	0.078229	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
940	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.152806	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.49572	No Messages
941	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.121109	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
942	50x50mm e=2.5mm	Column	0.11107	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
943	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035874	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
944	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.05375	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
945	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035714	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
946	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.049935	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
947	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.034509	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
948	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.044933	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
949	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032281	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
950	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.039158	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
951	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029086	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
952	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.033076	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
953	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.0273	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
954	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030498	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.26417	No Messages
955	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.0267	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
956	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032118	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
957	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.026228	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
958	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035301	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
959	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.028819	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.26417	No Messages
960	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.038405	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
961	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036404	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26418	No Messages
962	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035638	PMM	0.9D+1.3W1	0.26415	No Messages
963	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.016541	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
964	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027843	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
965	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.017813	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
966	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031533	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
967	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.0243	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
968	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.034791	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
969	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.033178	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
970	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.037676	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
971	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.042056	PMM	0.9D-1.3W1	0.26437	No Messages
972	50x100mm e=3mm	Brace	0.056596	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
973	50x100mm e=3mm	Brace	0.056596	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
974	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.041556	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages

975	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015349	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
976	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006178	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
977	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004864	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
978	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004929	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.175	No Messages
979	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004686	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
980	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004636	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
981	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004453	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
982	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004385	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
983	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004353	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
984	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004005	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
985	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004226	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
986	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003707	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
987	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00402	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
988	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003484	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
989	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003725	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
990	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003473	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
991	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003592	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
992	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003353	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
993	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00342	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.17498	No Messages
994	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.033104	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
995	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003518	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
996	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002526	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
997	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005432	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
998	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002655	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
999	50x50mm e=2.5mm	Column	0.005255	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1000	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002253	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1001	50x50mm e=2.5mm	Column	0.005033	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1002	50x50mm e=2.5mm	Column	0.00169	PMM	0.9D+1.0EY	0	No Messages
1004	200x200mm e=6mm	Column	0.359784	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1006	200x200mm e=6mm	Column	0.328257	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1007	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.080629	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1008	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062623	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1009	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.247867	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1010	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.080532	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1011	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063596	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1012	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058243	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1013	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.05978	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1014	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062202	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1015	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063537	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1016	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065131	PMM	0.9D-1.3W1	0.40003	No Messages
1017	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065446	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1018	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065357	PMM	0.9D-1.3W1	0.40003	No Messages
1019	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065199	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1020	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067278	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1021	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06929	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1022	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.071152	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1023	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.072734	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1024	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.071632	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.39628	No Messages
1025	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.075687	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.00375	No Messages
1026	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.070492	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1027	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.071151	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1028	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06622	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1029	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06735	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1030	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058607	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages

1031	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058316	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1032	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.050221	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
1033	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.050902	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1034	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.043654	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
1035	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.043969	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1036	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.038584	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.40003	No Messages
1037	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.038919	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1038	50x100mm e=3mm	Brace	0.538122	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1039	50x100mm e=3mm	Brace	0.32708	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1040	50x100mm e=3mm	Brace	0.327236	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1041	50x100mm e=3mm	Brace	0.27163	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
1042	50x100mm e=3mm	Brace	0.271713	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1043	50x100mm e=3mm	Brace	0.265769	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1044	50x100mm e=3mm	Brace	0.265781	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1045	50x100mm e=3mm	Brace	0.278856	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1046	50x100mm e=3mm	Brace	0.278927	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1047	50x100mm e=3mm	Brace	0.279554	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
1048	50x100mm e=3mm	Brace	0.279497	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1049	50x100mm e=3mm	Brace	0.279397	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
1050	50x100mm e=3mm	Brace	0.279365	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1051	50x100mm e=3mm	Brace	0.264405	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
1052	50x100mm e=3mm	Brace	0.264399	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1053	50x100mm e=3mm	Brace	0.265221	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1054	50x100mm e=3mm	Brace	0.265495	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1055	50x100mm e=3mm	Brace	0.269055	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1056	50x100mm e=3mm	Brace	0.269259	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1057	50x100mm e=3mm	Brace	0.261161	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1058	50x100mm e=3mm	Brace	0.261306	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1059	50x100mm e=3mm	Brace	0.149878	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.39156	No Messages
1060	50x100mm e=3mm	Brace	0.150009	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1061	50x100mm e=3mm	Brace	0.130191	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1062	50x100mm e=3mm	Brace	0.13023	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1063	50x100mm e=3mm	Brace	0.103976	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1064	50x100mm e=3mm	Brace	0.10398	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1065	50x100mm e=3mm	Brace	0.084823	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
1066	50x100mm e=3mm	Brace	0.084865	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1067	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.15304	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.49572	No Messages
1068	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.122016	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1069	50x50mm e=2.5mm	Column	0.113058	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1070	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.041599	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
1071	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.057173	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1072	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040327	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1073	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.049899	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1074	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.038218	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1075	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.042977	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1076	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035098	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1077	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036307	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1078	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031145	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1079	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029875	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1080	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027947	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1081	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029346	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.52835	No Messages
1082	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027396	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1083	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031672	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.52835	No Messages
1084	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027098	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages

1085	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036003	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.52835	No Messages
1086	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029162	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1087	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.039883	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.52835	No Messages
1088	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035482	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26418	No Messages
1089	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.037173	PMM	0.9D-1.3W1	0.26415	No Messages
1090	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015807	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1091	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027539	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
1092	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.016676	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
1093	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031046	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
1094	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.023641	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
1095	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.034079	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
1096	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032102	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
1097	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.037008	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
1098	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040504	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
1099	50x100mm e=3mm	Brace	0.064334	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
1100	50x100mm e=3mm	Brace	0.064352	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1101	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.042136	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1102	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015761	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1103	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006024	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1104	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004819	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1105	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004736	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1106	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004813	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1107	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004469	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1108	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004719	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1109	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004371	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1110	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004715	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1111	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004139	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1112	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004609	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1113	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00393	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1114	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004385	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1115	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003513	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1116	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004039	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1117	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003478	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1118	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003678	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1119	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003339	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1120	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003332	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.17498	No Messages
1121	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031701	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1122	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003551	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1123	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002442	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1124	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005288	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1125	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002698	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1126	50x50mm e=2.5mm	Column	0.005068	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1127	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002242	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1128	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004822	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1129	50x50mm e=2.5mm	Column	0.001669	PMM	0.9D+1.0EY	0	No Messages
1130	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002233	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1131	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.082331	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1132	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066931	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1133	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.263606	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1134	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.082638	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1135	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067595	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1136	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058846	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1137	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.060423	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1138	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06019	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages

1139	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.061813	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1140	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.060767	PMM	0.9D+1.3W1	0.40003	No Messages
1141	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.061445	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1142	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059737	PMM	0.9D+1.3W1	0.40003	No Messages
1143	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.060314	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1144	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064351	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1145	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065821	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1146	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067658	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1147	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.068746	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1148	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067773	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.39628	No Messages
1149	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.071386	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.00375	No Messages
1150	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066459	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1151	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066726	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1152	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063435	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1153	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065834	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1154	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.054411	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1155	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.053808	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1156	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.047477	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
1157	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.048024	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1158	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.041055	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
1159	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.041235	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1160	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.038603	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.40003	No Messages
1161	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.038905	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1162	50x100mm e=3mm	Brace	0.541393	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1163	50x100mm e=3mm	Brace	0.343754	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1164	50x100mm e=3mm	Brace	0.343884	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1165	50x100mm e=3mm	Brace	0.289407	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
1166	50x100mm e=3mm	Brace	0.289493	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1167	50x100mm e=3mm	Brace	0.277599	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1168	50x100mm e=3mm	Brace	0.277681	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1169	50x100mm e=3mm	Brace	0.27826	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1170	50x100mm e=3mm	Brace	0.278427	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1171	50x100mm e=3mm	Brace	0.268219	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1172	50x100mm e=3mm	Brace	0.268447	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1173	50x100mm e=3mm	Brace	0.260663	PMM	0.9D+1.3W1	0.3916	No Messages
1174	50x100mm e=3mm	Brace	0.260755	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1175	50x100mm e=3mm	Brace	0.247438	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
1176	50x100mm e=3mm	Brace	0.247515	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1177	50x100mm e=3mm	Brace	0.25923	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1178	50x100mm e=3mm	Brace	0.259423	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1179	50x100mm e=3mm	Brace	0.2621	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1180	50x100mm e=3mm	Brace	0.262238	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1181	50x100mm e=3mm	Brace	0.253851	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1182	50x100mm e=3mm	Brace	0.253941	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1183	50x100mm e=3mm	Brace	0.1453	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.39156	No Messages
1184	50x100mm e=3mm	Brace	0.145387	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1185	50x100mm e=3mm	Brace	0.125568	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1186	50x100mm e=3mm	Brace	0.125574	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1187	50x100mm e=3mm	Brace	0.099146	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1188	50x100mm e=3mm	Brace	0.099125	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1189	50x100mm e=3mm	Brace	0.081929	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
1190	50x100mm e=3mm	Brace	0.081979	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1191	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.153015	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.49572	No Messages
1192	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.121972	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages

1193	50x50mm e=2.5mm	Column	0.113027	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1194	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036032	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1195	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.051895	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1196	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035614	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1197	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.046655	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1198	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.034111	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1199	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.041536	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1200	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031681	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1201	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036652	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1202	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.028441	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1203	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031876	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1204	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027772	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1205	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030756	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.52835	No Messages
1206	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027384	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1207	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032741	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.52835	No Messages
1208	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027086	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1209	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036268	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.52835	No Messages
1210	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030625	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1211	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.039596	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.52835	No Messages
1212	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.037347	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1213	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036219	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.52829	No Messages
1214	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015807	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1215	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027237	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
1216	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.016673	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
1217	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030933	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
1218	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.023846	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
1219	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.03424	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
1220	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032684	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
1221	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.03721	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
1222	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.041597	PMM	0.9D-1.3W1	0.26437	No Messages
1223	50x100mm e=3mm	Brace	0.061373	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
1224	50x100mm e=3mm	Brace	0.061398	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1225	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.042128	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1226	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.01576	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1227	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006087	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1228	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004805	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1229	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005056	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1230	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004655	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1231	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00465	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1232	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004453	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1233	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004361	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1234	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004362	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
1235	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003977	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
1236	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004237	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
1237	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003675	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
1238	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004037	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
1239	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003456	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1240	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003758	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
1241	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00347	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1242	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003496	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1243	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00334	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1244	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003346	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.17498	No Messages
1245	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032882	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1246	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003511	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages

1247	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002486	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1248	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005381	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1249	50x50mm e=2.5mm	Column	0.00266	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1250	50x50mm e=2.5mm	Column	0.005208	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1251	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002251	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1252	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004983	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1253	50x50mm e=2.5mm	Column	0.001668	PMM	0.9D+1.0EY	0	No Messages
1255	200x200mm e=6mm	Column	0.350176	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1257	200x200mm e=6mm	Column	0.296223	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1258	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.072744	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1259	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.05923	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1260	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.196126	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1261	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067887	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1262	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066306	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1263	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059453	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
1264	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06368	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1265	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064253	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1266	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066185	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1267	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065554	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1268	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067196	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1269	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063773	PMM	0.9D-1.3W1	0.40003	No Messages
1270	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064706	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1271	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.060919	PMM	0.9D+1.3W1	0.40003	No Messages
1272	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062002	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1273	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063611	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1274	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065494	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1275	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065079	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.39628	No Messages
1276	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067894	PMM	0.9D-1.3W1	0.00375	No Messages
1277	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.065449	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1278	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066906	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1279	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063246	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1280	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064483	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1281	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058889	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1282	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059644	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1283	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.056303	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
1284	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058273	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1285	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.053807	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
1286	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.054175	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1287	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.051368	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1288	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.051506	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1289	50x100mm e=3mm	Brace	0.433254	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1290	50x100mm e=3mm	Brace	0.280803	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1291	50x100mm e=3mm	Brace	0.283038	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1292	50x100mm e=3mm	Brace	0.268001	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
1293	50x100mm e=3mm	Brace	0.269708	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1294	50x100mm e=3mm	Brace	0.272498	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1295	50x100mm e=3mm	Brace	0.272959	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1296	50x100mm e=3mm	Brace	0.291833	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1297	50x100mm e=3mm	Brace	0.292159	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1298	50x100mm e=3mm	Brace	0.295862	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1299	50x100mm e=3mm	Brace	0.296046	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1300	50x100mm e=3mm	Brace	0.284582	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1301	50x100mm e=3mm	Brace	0.284635	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1302	50x100mm e=3mm	Brace	0.260291	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages

1303	50x100mm e=3mm	Brace	0.260188	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1304	50x100mm e=3mm	Brace	0.145999	PMM	0.9D+1.3W1	0.3916	No Messages
1305	50x100mm e=3mm	Brace	0.145982	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1306	50x100mm e=3mm	Brace	0.146799	PMM	0.9D+1.3W1	0.3916	No Messages
1307	50x100mm e=3mm	Brace	0.146674	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1308	50x100mm e=3mm	Brace	0.147303	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1309	50x100mm e=3mm	Brace	0.146886	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1310	50x100mm e=3mm	Brace	0.144013	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.39156	No Messages
1311	50x100mm e=3mm	Brace	0.143568	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1312	50x100mm e=3mm	Brace	0.132745	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1313	50x100mm e=3mm	Brace	0.132245	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1314	50x100mm e=3mm	Brace	0.123556	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
1315	50x100mm e=3mm	Brace	0.122938	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1316	50x100mm e=3mm	Brace	0.11643	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
1317	50x100mm e=3mm	Brace	0.116003	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1318	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.157427	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.49572	No Messages
1319	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.124637	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1320	50x50mm e=2.5mm	Column	0.107522	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1321	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040951	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
1322	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.044713	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.52835	No Messages
1323	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035038	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
1324	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.039412	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1325	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.03126	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1326	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035379	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1327	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.02829	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1328	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.03234	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1329	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.025412	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1330	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030079	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.52835	No Messages
1331	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.023512	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1332	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.033619	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1333	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.024991	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1334	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.037204	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1335	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.026832	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1336	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.039672	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1337	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.033717	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.52835	No Messages
1338	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.043713	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1339	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.041261	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.26418	No Messages
1340	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040961	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1341	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.020275	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
1342	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.024493	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
1343	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.018043	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
1344	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.028527	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
1345	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.020363	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
1346	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032399	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
1347	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029189	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
1348	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036445	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1349	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.038264	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
1350	50x100mm e=3mm	Brace	0.103318	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1351	50x100mm e=3mm	Brace	0.103102	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1352	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.042393	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1353	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015521	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1354	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006176	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1355	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005302	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.175	No Messages
1356	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006442	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages

1357	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005744	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1358	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00644	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1359	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005814	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1360	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006081	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1361	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005575	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1362	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005421	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1363	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005283	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1364	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004525	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1365	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004819	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1366	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003775	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1367	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004195	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1368	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003183	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1369	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003555	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1370	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003028	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
1371	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002981	PMM	0.9D+1.3W1	0.17498	No Messages
1372	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030308	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1373	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003419	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1374	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002511	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1375	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005114	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1376	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002708	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1377	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004908	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1378	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002792	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1379	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004665	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1380	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002842	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1381	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002239	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1382	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.074935	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1383	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063843	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1384	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.213763	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1385	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.070456	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1386	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.070623	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1387	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063342	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
1388	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.068214	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1389	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064367	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1390	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067109	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1391	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064328	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1392	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.066795	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1393	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.060936	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1394	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063096	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1395	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058999	PMM	0.9D-1.3W1	0.40003	No Messages
1396	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.060078	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1397	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.061774	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1398	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063023	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1399	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062443	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.39628	No Messages
1400	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064925	PMM	0.9D+1.3W1	0.00375	No Messages
1401	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062082	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1402	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062881	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1403	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059511	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1404	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.06274	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1405	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.054199	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1406	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.056067	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1407	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.052738	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
1408	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.054345	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1409	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.049833	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
1410	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.04997	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages

1411	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.04862	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1412	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.049838	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1413	50x100mm e=3mm	Brace	0.440124	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1414	50x100mm e=3mm	Brace	0.299304	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1415	50x100mm e=3mm	Brace	0.301695	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1416	50x100mm e=3mm	Brace	0.284018	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
1417	50x100mm e=3mm	Brace	0.285952	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1418	50x100mm e=3mm	Brace	0.2899	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1419	50x100mm e=3mm	Brace	0.290702	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1420	50x100mm e=3mm	Brace	0.302031	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1421	50x100mm e=3mm	Brace	0.302612	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1422	50x100mm e=3mm	Brace	0.300091	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1423	50x100mm e=3mm	Brace	0.300442	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1424	50x100mm e=3mm	Brace	0.283469	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1425	50x100mm e=3mm	Brace	0.283601	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1426	50x100mm e=3mm	Brace	0.252382	PMM	0.9D+1.3W1	0.3916	No Messages
1427	50x100mm e=3mm	Brace	0.252309	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1428	50x100mm e=3mm	Brace	0.148089	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
1429	50x100mm e=3mm	Brace	0.148122	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1430	50x100mm e=3mm	Brace	0.147149	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
1431	50x100mm e=3mm	Brace	0.147112	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1432	50x100mm e=3mm	Brace	0.145392	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1433	50x100mm e=3mm	Brace	0.145126	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1434	50x100mm e=3mm	Brace	0.139317	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.39156	No Messages
1435	50x100mm e=3mm	Brace	0.139026	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1436	50x100mm e=3mm	Brace	0.125382	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1437	50x100mm e=3mm	Brace	0.125016	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1438	50x100mm e=3mm	Brace	0.117247	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
1439	50x100mm e=3mm	Brace	0.116705	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1440	50x100mm e=3mm	Brace	0.109159	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
1441	50x100mm e=3mm	Brace	0.10878	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1442	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.157405	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.49572	No Messages
1443	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.124594	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1444	50x50mm e=2.5mm	Column	0.107491	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1445	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.037384	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1446	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040034	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.52835	No Messages
1447	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032197	PMM	0.9D+1.3W1	0.26417	No Messages
1448	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036532	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1449	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029063	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1450	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.034329	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1451	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.026683	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1452	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032956	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1453	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.024133	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1454	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032114	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1455	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.023498	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1456	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.035492	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1457	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.024977	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1458	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.039094	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1459	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.028632	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1460	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.042558	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1461	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.03584	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.52835	No Messages
1462	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.046394	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1463	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.043543	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.26418	No Messages
1464	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.043064	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages

1465	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.020275	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
1466	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.025383	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
1467	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.018045	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.26417	No Messages
1468	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029284	PMM	0.9D-1.3W1	0.52835	No Messages
1469	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.022081	PMM	0.9D-1.3W1	0.26417	No Messages
1470	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.032997	PMM	0.9D-1.3W1	0.52835	No Messages
1471	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030896	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1472	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036602	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1473	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.039932	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1474	50x100mm e=3mm	Brace	0.097869	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1475	50x100mm e=3mm	Brace	0.097734	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1476	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.042384	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1477	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015519	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1478	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006345	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1479	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005466	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1480	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006958	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1481	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005984	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1482	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006923	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1483	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006093	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1484	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006513	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1485	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005991	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1486	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005785	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1487	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005662	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1488	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004967	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1489	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00511	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1490	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004062	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1491	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004385	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1492	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003338	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1493	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003604	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1494	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003196	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1495	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003126	PMM	0.9D-1.3W1	0.17498	No Messages
1496	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.031266	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1497	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003368	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1498	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002431	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1499	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00516	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1500	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002746	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1501	50x50mm e=2.5mm	Column	0.00496	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1502	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002592	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1503	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004715	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1504	50x50mm e=2.5mm	Column	0.002697	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1506	200x200mm e=6mm	Column	0.315338	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1508	200x200mm e=6mm	Column	0.350035	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1509	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.12639	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1510	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.116501	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1511	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.114109	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1512	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.126887	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1513	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.12946	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1514	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.120419	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
1515	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.128587	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1516	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.11918	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
1517	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.124366	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1518	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.109599	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
1519	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.112345	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1520	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.093301	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages

1521	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.094156	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1522	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.076827	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1523	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.075477	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1524	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.061611	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1525	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059402	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1526	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.059455	PMM	0.9D+1.3W1	0.39628	No Messages
1527	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.076204	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.00375	No Messages
1528	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.064704	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1529	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.067986	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1530	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.069232	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1531	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.073373	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1532	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.07838	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
1533	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.083201	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1534	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.088402	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1535	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.093266	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1536	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.097564	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1537	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.100104	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1538	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.102099	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1539	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.102444	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1540	50x100mm e=3mm	Brace	0.460829	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1541	50x100mm e=3mm	Brace	0.55885	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1542	50x100mm e=3mm	Brace	0.562483	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1543	50x100mm e=3mm	Brace	0.562255	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1544	50x100mm e=3mm	Brace	0.565457	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1545	50x100mm e=3mm	Brace	0.528631	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1546	50x100mm e=3mm	Brace	0.531083	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1547	50x100mm e=3mm	Brace	0.492765	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
1548	50x100mm e=3mm	Brace	0.493939	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1549	50x100mm e=3mm	Brace	0.438393	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
1550	50x100mm e=3mm	Brace	0.43895	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1551	50x100mm e=3mm	Brace	0.364377	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
1552	50x100mm e=3mm	Brace	0.364407	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1553	50x100mm e=3mm	Brace	0.299348	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1554	50x100mm e=3mm	Brace	0.299073	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1555	50x100mm e=3mm	Brace	0.14762	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1556	50x100mm e=3mm	Brace	0.14719	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1557	50x100mm e=3mm	Brace	0.127888	PMM	0.9D+1.3W1	0.3916	No Messages
1558	50x100mm e=3mm	Brace	0.127775	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1559	50x100mm e=3mm	Brace	0.137579	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1560	50x100mm e=3mm	Brace	0.137082	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1561	50x100mm e=3mm	Brace	0.144894	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.39156	No Messages
1562	50x100mm e=3mm	Brace	0.144411	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1563	50x100mm e=3mm	Brace	0.265971	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
1564	50x100mm e=3mm	Brace	0.265165	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1565	50x100mm e=3mm	Brace	0.297095	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1566	50x100mm e=3mm	Brace	0.296223	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1567	50x100mm e=3mm	Brace	0.323997	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1568	50x100mm e=3mm	Brace	0.323431	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1569	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.134411	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.49572	No Messages
1570	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.073306	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1571	50x50mm e=2.5mm	Column	0.064101	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1572	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.059926	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1573	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040816	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1574	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040534	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages

1575	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.054715	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1576	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.028211	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1577	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.062908	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1578	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030542	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1579	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.066398	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1580	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.034787	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1581	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.067625	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1582	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.041437	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1583	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.067364	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1584	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.046475	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1585	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.063726	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1586	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.049794	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1587	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.061862	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1588	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.050602	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.26417	No Messages
1589	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.05809	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.26417	No Messages
1590	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.054755	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.26418	No Messages
1591	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.049386	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.26415	No Messages
1592	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040517	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
1593	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.024549	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
1594	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.03395	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
1595	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.023694	PMM	0.9D+1.3W1	0.52835	No Messages
1596	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027368	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
1597	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.026655	PMM	0.9D+1.3W1	0.52835	No Messages
1598	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.025741	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.26417	No Messages
1599	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030697	PMM	0.9D-1.3W1	0.52835	No Messages
1600	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029265	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1601	50x100mm e=3mm	Brace	0.334652	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1602	50x100mm e=3mm	Brace	0.334437	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1603	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029653	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1604	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015966	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1605	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.012435	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1606	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.012989	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1607	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.012303	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1608	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.011541	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1609	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.010876	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1610	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.009477	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1611	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.008973	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1612	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.007711	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1613	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006958	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1614	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005896	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1615	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005226	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1616	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004607	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1617	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003601	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1618	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003732	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1619	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002576	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1620	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003325	PMM	0.9D-1.3W1	0.175	No Messages
1621	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00224	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1622	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002939	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.34996	No Messages
1623	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027321	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1624	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003559	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1625	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003165	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1626	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.00462	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages
1627	50x50mm e=2.5mm	Column	0.003876	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1628	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004651	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages

1629	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004385	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1630	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004987	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1631	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004649	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1632	50x50mm e=2.5mm	Column	0.005093	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L (Sp)	0	No Messages
1633	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.128637	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1634	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.124838	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1635	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.114589	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1636	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.129962	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1637	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.138236	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1638	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.130782	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
1639	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.139754	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1640	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.128516	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
1641	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.134229	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1642	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.117292	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
1643	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.120356	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1644	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.098919	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.40003	No Messages
1645	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.099952	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1646	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.082113	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1647	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.080965	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1648	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062924	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1649	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.060671	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1650	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.058986	PMM	0.9D-1.3W1	0.39628	No Messages
1651	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.079807	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.00375	No Messages
1652	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.061834	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1653	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.063111	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1654	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.062921	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.40003	No Messages
1655	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.070452	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1656	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.072643	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.40003	No Messages
1657	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.076957	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1658	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.08321	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1659	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.088987	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1660	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.093543	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1661	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.097262	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1662	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.099958	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.40003	No Messages
1663	50x100mm e=2.5mm	Brace	0.101684	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1664	50x100mm e=3mm	Brace	0.467802	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1665	50x100mm e=3mm	Brace	0.580354	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1666	50x100mm e=3mm	Brace	0.583935	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1667	50x100mm e=3mm	Brace	0.594048	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1668	50x100mm e=3mm	Brace	0.597207	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1669	50x100mm e=3mm	Brace	0.568323	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1670	50x100mm e=3mm	Brace	0.570728	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1671	50x100mm e=3mm	Brace	0.532253	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
1672	50x100mm e=3mm	Brace	0.53358	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1673	50x100mm e=3mm	Brace	0.469778	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
1674	50x100mm e=3mm	Brace	0.470405	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1675	50x100mm e=3mm	Brace	0.386779	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.3916	No Messages
1676	50x100mm e=3mm	Brace	0.38681	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1677	50x100mm e=3mm	Brace	0.320253	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1678	50x100mm e=3mm	Brace	0.319906	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1679	50x100mm e=3mm	Brace	0.15143	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1680	50x100mm e=3mm	Brace	0.150846	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1681	50x100mm e=3mm	Brace	0.126437	PMM	0.9D-1.3W1	0.3916	No Messages
1682	50x100mm e=3mm	Brace	0.126484	PMM	0.9D-1.3W1	0	No Messages

1683	50x100mm e=3mm	Brace	0.132008	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.3916	No Messages
1684	50x100mm e=3mm	Brace	0.13174	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1685	50x100mm e=3mm	Brace	0.133895	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.39156	No Messages
1686	50x100mm e=3mm	Brace	0.133035	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1687	50x100mm e=3mm	Brace	0.154446	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.3916	No Messages
1688	50x100mm e=3mm	Brace	0.153646	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1689	50x100mm e=3mm	Brace	0.277102	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1690	50x100mm e=3mm	Brace	0.276267	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1691	50x100mm e=3mm	Brace	0.309631	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1692	50x100mm e=3mm	Brace	0.309122	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1693	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.134448	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.49572	No Messages
1694	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.073355	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1695	50x50mm e=2.5mm	Column	0.064137	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1696	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.063506	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1697	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.036884	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1698	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.043029	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1699	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.052377	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1700	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027862	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1701	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.062145	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1702	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030531	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1703	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.067157	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1704	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.034775	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1705	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.070075	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1706	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.040493	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1707	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.071178	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1708	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.047371	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1709	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.069083	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1710	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.052275	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.52835	No Messages
1711	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.066648	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1712	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.054851	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.26417	No Messages
1713	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.062064	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.26417	No Messages
1714	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.05877	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.26418	No Messages
1715	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.052459	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.26415	No Messages
1716	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.04005	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
1717	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.025151	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
1718	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.033669	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
1719	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.023612	PMM	0.9D-1.3W1	0.52835	No Messages
1720	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029127	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.26417	No Messages
1721	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.026202	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1722	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.027411	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.26417	No Messages
1723	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029339	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.26417	No Messages
1724	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.030953	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.26437	No Messages
1725	50x100mm e=3mm	Brace	0.329009	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.3916	No Messages
1726	50x100mm e=3mm	Brace	0.328865	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1727	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.029646	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1728	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.015966	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1729	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.012798	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1730	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.01356	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1731	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.012751	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1732	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.012173	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1733	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.011387	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1734	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.010233	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1735	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.009517	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1736	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.008291	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages

1737	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.007541	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1738	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.006267	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1739	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.005608	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1740	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004897	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1741	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003929	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1742	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003658	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1743	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002582	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1744	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002885	PMM	0.9D+1.3W1	0.175	No Messages
1745	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002264	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.175	No Messages
1746	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.002938	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.34996	No Messages
1747	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.026992	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1748	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003365	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.35	No Messages
1749	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.003164	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1750	50x50mm e=2.5mm	Brace	0.004032	PMM	0.9D+1.3W1	0	No Messages
1751	50x50mm e=2.5mm	Column	0.003671	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1752	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004123	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1753	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004251	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1754	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004536	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1755	50x50mm e=2.5mm	Column	0.004577	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1757	200x200mm e=6mm	Column	0.350179	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
2894	TENSOR ½''	Brace	5.189688	PMM	1.4D	7.50948	No Messages
2895	TENSOR ½''	Brace	5.189718	PMM	1.4D	7.50948	No Messages
2908	TENSOR ½''	Brace	5.220354	PMM	1.4D	7.50948	No Messages
2909	TENSOR ½''	Brace	5.22042	PMM	1.4D	7.50948	No Messages
2910	TENSOR ½''	Brace	5.228674	PMM	1.4D	7.50948	No Messages
2911	TENSOR ½''	Brace	5.228745	PMM	1.4D	7.50948	No Messages
2912	TENSOR ½''	Brace	5.230825	PMM	1.4D	7.50948	No Messages
2913	TENSOR ½''	Brace	5.230897	PMM	1.4D	7.50948	No Messages
2914	TENSOR ½''	Brace	5.228672	PMM	1.4D	7.50948	No Messages
2915	TENSOR ½''	Brace	5.228744	PMM	1.4D	7.50948	No Messages
2916	TENSOR ½''	Brace	5.22035	PMM	1.4D	7.50948	No Messages
2917	TENSOR ½''	Brace	5.220418	PMM	1.4D	7.50948	No Messages
2918	TENSOR ½''	Brace	5.18968	PMM	1.4D	7.50948	No Messages
2919	TENSOR ½''	Brace	5.189719	PMM	1.4D	7.50948	No Messages
1758	TENSOR ½''	Beam	10.462872	PMM	1.4D	11.00433	No Messages
1759	TENSOR ½''	Beam	10.462886	PMM	1.4D	11.00433	No Messages
1760	TENSOR ½''	Beam	10.50764	PMM	1.4D	11.00433	No Messages
1761	TENSOR ½''	Beam	10.519956	PMM	1.4D	11.00433	No Messages
1762	TENSOR ½''	Beam	10.507633	PMM	1.4D	11.00433	No Messages
1765	TENSOR 1/2''	Column	0.091742	PMM	0.9D+1.0EY	4.51175	No Messages
1766	TENSOR 1/2''	Column	0.09173	PMM	0.9D+1.0EY	4.51175	No Messages
1763	100x100mm e=2.5mm	Beam	0.133793	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1764	100x100mm e=2.5mm	Beam	0.114239	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	5.4	No Messages
1767	100x100mm e=2.5mm	Beam	0.112118	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	5.4	No Messages
1768	100x100mm e=2.5mm	Beam	0.112119	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1769	100x100mm e=2.5mm	Beam	0.11424	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1770	100x100mm e=2.5mm	Beam	0.13379	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	5.4	No Messages
1771	100x100mm e=2.5mm	Beam	0.133815	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1772	100x100mm e=2.5mm	Beam	0.114335	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	5.4	No Messages
1773	100x100mm e=2.5mm	Beam	0.112215	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	5.4	No Messages
1774	100x100mm e=2.5mm	Beam	0.112217	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1775	100x100mm e=2.5mm	Beam	0.114336	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
1776	100x100mm e=2.5mm	Beam	0.133819	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	5.4	No Messages
1865	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.423634	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.51127	No Messages

1866	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.429386	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1867	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.392952	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.51127	No Messages
1868	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.396983	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1869	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.359199	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.51127	No Messages
1870	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.362918	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1871	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.330646	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1872	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.332732	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1873	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.313857	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1874	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.315635	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1875	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.299769	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1876	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.301238	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1877	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.28838	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1878	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.289541	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1879	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.279692	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1880	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.280544	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1881	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.273703	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1882	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.274247	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1883	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.270415	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1884	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.27065	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1885	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.269863	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1886	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.26981	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1887	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.272052	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1888	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.271662	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1889	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.277197	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1890	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.276481	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1891	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.285	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1892	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.283976	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1893	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.295503	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1894	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.294171	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1895	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.308693	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1896	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.307049	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1897	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.32406	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1898	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.324618	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.003	No Messages
1899	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.343222	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1900	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.340963	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1901	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.364517	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1902	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.36195	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1903	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.393862	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.51127	No Messages
1904	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.39016	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1905	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.427775	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.51127	No Messages
1906	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.423762	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1907	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.459721	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.51127	No Messages
1909	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.293859	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1910	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.137653	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1911	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.130326	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.51127	No Messages
1912	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.136896	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1913	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.128967	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1914	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.142556	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1915	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.13566	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1916	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.147506	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1917	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.141557	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1918	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.151659	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1919	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.146657	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1920	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.155014	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages

1921	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.15096	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1922	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.252743	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1923	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.250076	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1924	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.257969	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1925	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.256115	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1926	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.261175	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1927	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.260134	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1928	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.26236	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1929	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.262238	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1930	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.261646	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1931	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.26201	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1932	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.258256	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1933	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.259854	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1934	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.253214	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1935	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.255522	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1936	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.152717	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1937	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.156352	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1938	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.148768	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1939	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.153358	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1940	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.144041	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1941	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.149601	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1942	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.138451	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1943	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.144944	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1944	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.132134	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1945	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.139562	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1946	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.125	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1947	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.133372	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1948	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.117066	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1949	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.126449	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1950	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.125262	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
1951	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.13436	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.51127	No Messages
1952	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.286176	PMM	0.9D+1.3W1	0.51127	No Messages
1953	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.423659	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.51127	No Messages
1954	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.429413	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1955	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.392975	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.51127	No Messages
1956	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.397006	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1957	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.359218	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.51127	No Messages
1958	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.362937	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
1959	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.330672	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1960	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.332759	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1961	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.313877	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1962	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.315655	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1963	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.299782	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1964	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.301252	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1965	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.288387	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1966	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.289548	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1967	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.279692	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1968	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.280544	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1969	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.273697	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1970	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.274241	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1971	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.270402	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1972	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.270638	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1973	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.269843	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1974	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.26979	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages

1975	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.272025	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1976	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.271636	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1977	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.277163	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1978	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.276449	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1979	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.28496	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1980	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.283937	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1981	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.295457	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1982	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.294125	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1983	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.30864	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1984	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.306996	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1985	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.324	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1986	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.324558	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.003	No Messages
1987	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.343156	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1988	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.340897	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1989	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.364443	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
1990	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.361877	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
1991	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.393777	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.51127	No Messages
1992	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.390076	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1993	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.427683	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.51127	No Messages
1994	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.423671	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1995	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.459614	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.51127	No Messages
1997	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.293872	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1998	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.137657	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0	No Messages
1999	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.13033	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.51127	No Messages
2000	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.136896	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2001	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.128964	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2002	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.142558	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2003	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.135659	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2004	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.147509	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2005	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.141559	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2006	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.151664	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2007	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.146661	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2008	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.155022	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2009	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.150966	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2010	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.25276	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2011	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.25009	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2012	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.257991	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2013	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.256134	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2014	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.261202	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2015	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.260158	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2016	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.262391	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2017	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.262267	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2018	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.261682	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2019	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.262044	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2020	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.258297	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2021	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.259893	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2022	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.25326	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2023	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.255566	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2024	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.15274	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2025	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.156373	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2026	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.148793	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2027	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.15338	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2028	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.144068	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2029	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.149626	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages

2030	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.13848	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2031	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.144971	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2032	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.132164	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2033	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.13959	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2034	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.125033	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2035	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.133403	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2036	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.117101	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2037	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.126481	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.51127	No Messages
2038	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.1252	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0	No Messages
2039	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.134135	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.51127	No Messages
2041	50x50mm e=2mm	Brace	0.067683	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.71512	No Messages
2042	50x50mm e=2mm	Brace	0.05586	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
2043	50x50mm e=2mm	Column	0.031832	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.5	No Messages
2044	50x50mm e=2mm	Column	0.027911	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2045	50x50mm e=2mm	Column	0.027467	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2046	50x50mm e=2mm	Column	0.026544	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2047	50x50mm e=2mm	Column	0.026088	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2048	50x50mm e=2mm	Column	0.025163	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2049	50x50mm e=2mm	Column	0.024712	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2050	50x50mm e=2mm	Column	0.023788	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2051	50x50mm e=2mm	Column	0.023338	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2052	50x50mm e=2mm	Column	0.022414	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2053	50x50mm e=2mm	Column	0.021964	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2054	50x50mm e=2mm	Column	0.02104	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2055	50x50mm e=2mm	Column	0.02059	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2056	50x50mm e=2mm	Column	0.019666	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2057	50x50mm e=2mm	Column	0.019216	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2058	50x50mm e=2mm	Column	0.018292	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2059	50x50mm e=2mm	Column	0.017842	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2060	50x50mm e=2mm	Column	0.016919	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2061	50x50mm e=2mm	Column	0.016469	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2062	50x50mm e=2mm	Column	0.015544	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2063	50x50mm e=2mm	Column	0.015343	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.5	No Messages
2064	50x50mm e=2mm	Column	0.015173	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2065	50x50mm e=2mm	Column	0.016195	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2066	50x50mm e=2mm	Column	0.016698	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2067	50x50mm e=2mm	Column	0.017612	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2068	50x50mm e=2mm	Column	0.018063	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2069	50x50mm e=2mm	Column	0.018986	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2070	50x50mm e=2mm	Column	0.019436	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2071	50x50mm e=2mm	Column	0.02036	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2072	50x50mm e=2mm	Column	0.020812	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2073	50x50mm e=2mm	Column	0.021736	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2074	50x50mm e=2mm	Column	0.022176	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2075	50x50mm e=2mm	Column	0.023169	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2076	50x50mm e=2mm	Column	0.023554	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2077	50x50mm e=2mm	Column	0.024488	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2078	50x50mm e=2mm	Column	0.024932	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2079	50x50mm e=2mm	Column	0.025856	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2080	50x50mm e=2mm	Column	0.026307	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2081	50x50mm e=2mm	Column	0.027231	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2082	50x50mm e=2mm	Column	0.027687	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2083	50x50mm e=2mm	Column	0.02861	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2084	50x50mm e=2mm	Column	0.029316	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages

2085	50x50mm e=2mm	Column	0.032005	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.5	No Messages
2086	50x50mm e=2mm	Brace	0.073377	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2087	50x50mm e=2mm	Brace	0.04718	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
2088	50x50mm e=2mm	Brace	0.070547	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2089	50x50mm e=2mm	Brace	0.042153	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2090	50x50mm e=2mm	Brace	0.067686	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2091	50x50mm e=2mm	Brace	0.042934	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2092	50x50mm e=2mm	Brace	0.064967	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2093	50x50mm e=2mm	Brace	0.043858	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2094	50x50mm e=2mm	Brace	0.062392	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2095	50x50mm e=2mm	Brace	0.044926	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2096	50x50mm e=2mm	Brace	0.059961	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2097	50x50mm e=2mm	Brace	0.046139	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2098	50x50mm e=2mm	Brace	0.057674	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2099	50x50mm e=2mm	Brace	0.047495	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2100	50x50mm e=2mm	Brace	0.055532	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2101	50x50mm e=2mm	Brace	0.048996	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2102	50x50mm e=2mm	Brace	0.053532	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2103	50x50mm e=2mm	Brace	0.050644	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2104	50x50mm e=2mm	Brace	0.051745	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2105	50x50mm e=2mm	Brace	0.052436	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2106	50x50mm e=2mm	Brace	0.049757	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71369	No Messages
2107	50x50mm e=2mm	Brace	0.054533	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2108	50x50mm e=2mm	Brace	0.048147	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2109	50x50mm e=2mm	Brace	0.056696	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2110	50x50mm e=2mm	Brace	0.046729	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2111	50x50mm e=2mm	Brace	0.05892	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2112	50x50mm e=2mm	Brace	0.045453	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2113	50x50mm e=2mm	Brace	0.061287	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2114	50x50mm e=2mm	Brace	0.044324	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2115	50x50mm e=2mm	Brace	0.06376	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2116	50x50mm e=2mm	Brace	0.04331	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2117	50x50mm e=2mm	Brace	0.06648	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2118	50x50mm e=2mm	Brace	0.042509	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2119	50x50mm e=2mm	Brace	0.06925	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2120	50x50mm e=2mm	Brace	0.041789	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2121	50x50mm e=2mm	Brace	0.072196	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2122	50x50mm e=2mm	Brace	0.041233	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2123	50x50mm e=2mm	Brace	0.075282	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2124	50x50mm e=2mm	Brace	0.047139	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.71512	No Messages
2125	50x50mm e=2mm	Brace	0.078411	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2126	50x50mm e=2mm	Brace	0.055803	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.71512	No Messages
2128	50x50mm e=2mm	Column	0.031831	PMM	1.2D-1.3W1+0.5L	0.5	No Messages
2129	50x50mm e=2mm	Column	0.027909	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2130	50x50mm e=2mm	Column	0.027465	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2131	50x50mm e=2mm	Column	0.026542	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2132	50x50mm e=2mm	Column	0.026085	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2133	50x50mm e=2mm	Column	0.025161	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2134	50x50mm e=2mm	Column	0.02471	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2135	50x50mm e=2mm	Column	0.023786	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2136	50x50mm e=2mm	Column	0.023336	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2137	50x50mm e=2mm	Column	0.022412	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2138	50x50mm e=2mm	Column	0.021962	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2139	50x50mm e=2mm	Column	0.021038	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages

2140	50x50mm e=2mm	Column	0.020588	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2141	50x50mm e=2mm	Column	0.019664	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2142	50x50mm e=2mm	Column	0.019214	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2143	50x50mm e=2mm	Column	0.01829	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2144	50x50mm e=2mm	Column	0.01784	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2145	50x50mm e=2mm	Column	0.016917	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2146	50x50mm e=2mm	Column	0.016467	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0	No Messages
2147	50x50mm e=2mm	Column	0.015542	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W1	0.5	No Messages
2148	50x50mm e=2mm	Column	0.015345	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.5	No Messages
2149	50x50mm e=2mm	Column	0.015176	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2150	50x50mm e=2mm	Column	0.016198	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2151	50x50mm e=2mm	Column	0.016701	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2152	50x50mm e=2mm	Column	0.017615	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2153	50x50mm e=2mm	Column	0.018066	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2154	50x50mm e=2mm	Column	0.018989	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2155	50x50mm e=2mm	Column	0.019439	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2156	50x50mm e=2mm	Column	0.020363	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2157	50x50mm e=2mm	Column	0.020815	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2158	50x50mm e=2mm	Column	0.021739	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2159	50x50mm e=2mm	Column	0.022179	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2160	50x50mm e=2mm	Column	0.023172	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2161	50x50mm e=2mm	Column	0.023557	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2162	50x50mm e=2mm	Column	0.024491	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2163	50x50mm e=2mm	Column	0.024935	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2164	50x50mm e=2mm	Column	0.025859	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2165	50x50mm e=2mm	Column	0.02631	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2166	50x50mm e=2mm	Column	0.027234	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2167	50x50mm e=2mm	Column	0.02769	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2168	50x50mm e=2mm	Column	0.028613	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
2169	50x50mm e=2mm	Column	0.029329	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0.5	No Messages
2170	50x50mm e=2mm	Column	0.031864	PMM	1.2D+1.3W1+0.5L	0.5	No Messages
2171	50x50mm e=2mm	Brace	0.067685	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.71512	No Messages
2172	50x50mm e=2mm	Brace	0.05586	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
2173	50x50mm e=2mm	Brace	0.073369	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2174	50x50mm e=2mm	Brace	0.047182	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages
2175	50x50mm e=2mm	Brace	0.07054	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2176	50x50mm e=2mm	Brace	0.042155	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2177	50x50mm e=2mm	Brace	0.067679	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2178	50x50mm e=2mm	Brace	0.042935	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2179	50x50mm e=2mm	Brace	0.06496	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2180	50x50mm e=2mm	Brace	0.04386	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2181	50x50mm e=2mm	Brace	0.062385	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2182	50x50mm e=2mm	Brace	0.044928	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2184	50x50mm e=2mm	Brace	0.059955	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2185	50x50mm e=2mm	Brace	0.046141	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2186	50x50mm e=2mm	Brace	0.057668	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2187	50x50mm e=2mm	Brace	0.047498	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2188	50x50mm e=2mm	Brace	0.055526	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2189	50x50mm e=2mm	Brace	0.048999	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2190	50x50mm e=2mm	Brace	0.053527	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2191	50x50mm e=2mm	Brace	0.050648	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2192	50x50mm e=2mm	Brace	0.05174	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2193	50x50mm e=2mm	Brace	0.05244	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2194	50x50mm e=2mm	Brace	0.049753	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71369	No Messages

2195	50x50mm e=2mm	Brace	0.054538	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2196	50x50mm e=2mm	Brace	0.048143	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2197	50x50mm e=2mm	Brace	0.056701	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2198	50x50mm e=2mm	Brace	0.046726	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2199	50x50mm e=2mm	Brace	0.058925	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2200	50x50mm e=2mm	Brace	0.04545	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2201	50x50mm e=2mm	Brace	0.061292	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2202	50x50mm e=2mm	Brace	0.044321	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2203	50x50mm e=2mm	Brace	0.063766	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2204	50x50mm e=2mm	Brace	0.043307	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2205	50x50mm e=2mm	Brace	0.066487	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2206	50x50mm e=2mm	Brace	0.042506	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2207	50x50mm e=2mm	Brace	0.069257	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2208	50x50mm e=2mm	Brace	0.041787	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2209	50x50mm e=2mm	Brace	0.072203	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2210	50x50mm e=2mm	Brace	0.041231	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0.71512	No Messages
2211	50x50mm e=2mm	Brace	0.07529	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2212	50x50mm e=2mm	Brace	0.04715	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.71512	No Messages
2213	50x50mm e=2mm	Brace	0.078417	PMM	1.2D+1.6Lr-0.8W2	0	No Messages
2214	50x50mm e=2mm	Brace	0.055844	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.71512	No Messages
1809	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.286612	PMM	0.9D+1.3W1	0.51201	No Messages
1812	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.453889	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1813	50x50mm e=2mm	Brace	0.067348	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0.71565	No Messages
1814	50x100mm e=2.5mm	Beam	0.454005	PMM	1.2D+1.6Lr+0.8W1	0	No Messages
1815	50x50mm e=2mm	Brace	0.06732	PMM	1.2D+1.0EY+0.5L	0	No Messages

6. DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO

6.1. MÉTODO GENERAL DE DISEÑO

Los elementos estructurales han sido diseñados empleando el método de Diseño por Resistencia de acuerdo a lo estipulado en la Norma E-060 de Concreto Armado. Este método consiste en amplificar las cargas actuantes en los elementos estructurales mediante factores establecidos en esta norma, y a la vez reducir la resistencia nominal de los elementos mediante factores también establecidos en esta norma.

Para el presente proyecto se definieron las siguientes combinaciones de carga según el tipo de estructura modelada:

- U = 1.4 CM + 1.7 CV
- U = 1.25 (CM + CV) ± CS
- U = 0.9 CM ± CS
- U = 1.4 CM + 1.7 CV + 1.4 CL
- U = 1.4 CM + 1.7 CV + 1.7 CE

Adicionalmente a los factores de amplificación, se usan factores de reducción Ø, dependiendo de la solicitación, esto se especifica en el artículo 9.3 de la norma E.060:

- Para elementos con flexión y sin carga axial Ø = 0.90

- Para elementos con carga axial de tracción con o sin flexión Ø = 0.90
- Para elementos con carga axial de compresión con o sin flexión
  - Elementos con refuerzo en espiral Ø = 0.75
  - Otros elementos Ø = 0.70
- Para cortante sin o con torsión Ø = 0.85
- Para aplastamiento en el concreto Ø = 0.70

6.2. DISEÑO DE VIGAS

Las siguientes fórmulas se utilizaron para la verificación de los diseños proporcionados por el programa.

6.2.1. DISEÑO POR FLEXIÓN

El diseño de las vigas se realizó por el método de Resistencia última, siguiendo las fórmulas recomendadas por la Norma E.060.

El cálculo de la cuantía y acero mínimo se determinó con las siguientes expresiones:

Cuantía balanceada:

$$\rho_b = 0.85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

Cuantía máxima:

$$\rho_{max} \leq 0.75 \rho_b$$

Acero mínimo:

$$As_{min} = \frac{0.7 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d}{f_y}$$

Para el cálculo del área de acero se tienen las siguientes expresiones:

$$As = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)} \qquad a = \frac{As \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

Dónde:

ρ_b: Cuantía balanceada
f'_c: Resistencia a la compresión del concreto
f_y: Resistencia a la fluencia del acero
$\rho_{máx}$: Cuantía máxima
b: Ancho de viga
d: Peralte efectivo
As: Área de acero

M_u: Momento Último
a: Profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos
φ: Factor de reducción para elementos en flexión

6.2.2. DISEÑO POR CORTE

Para el cálculo del área de acero por cortante usará las siguientes fórmulas:

Cortante máxima que soporta la sección:

$$V = \phi \cdot 2.1 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Cortante resistido por el concreto:

$$V_c = \phi \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Cortante remanente resistido por los estribos:

$$V_s = V_u - V_c$$

Espaciamiento de estribos:

$$s = \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Espaciamiento máximo:

$$V_s \leq \phi \cdot 1.1 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \Rightarrow s_{max} \begin{cases} d/2 \\ 60\,\text{cm} \end{cases} \qquad V_s > \phi \cdot 1.1 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \Rightarrow s_{max} \begin{cases} d/4 \\ 30\,\text{cm} \end{cases}$$

Requerimiento sísmico para estribaje de vigas según la norma E-060.

1) En zonas sísmicas los estribos serán por lo menos de 8mm para aceros principales de hasta 5/8” y de 3/8” como mínimo para aceros principales de hasta 1” de diámetro y de 1/2” para aceros principales mayores a 1”.
2) El espaciamiento de los estribos por fórmula y por máximos en zonas sísmicas debe cumplirse con los requisitos mínimos que se dan a continuación.

DUAL 1: cuando solo hay vigas y columnas.

$$s_o \begin{cases} d/4 \\ 10 d_v \\ 24 d_{es} \\ 30\,\text{cm} \end{cases} \qquad s \begin{cases} d/2 \\ 30\,\text{cm} \end{cases}$$

DUAL 2: cuando hay vigas, columnas y placas o muros de corte.

$$s_o \begin{cases} d/4 \\ 8d_v \\ 24d_{es} \\ 30\,\text{cm} \end{cases} \qquad s \begin{cases} d/2 \\ 30\,\text{cm} \end{cases}$$

Donde:

d: peralte efectivo de la viga
d_v: diámetro de la varilla del acero principal
d_{es}: diámetro de la varilla del estribo
s_o: espaciamiento en la zona de confinamiento
s: espaciamiento en la zona central

6.2.3. CHEQUEO POR TORSIÓN

Los efectos de torsión deberán incluirse conjuntamente con la flexión, el corte, siempre que el momento torsor (Tu) exceda lo indicado; de lo contrario, los efectos de torsión podrán no considerarse (Ref. R.N.E – E-060).

Así tendremos:

$$T_{th} = \phi \cdot 0.27 \cdot \sqrt{f'_c}\left(\frac{A_{CP}{}^2}{P_{CP}}\right) \qquad \text{Si } T_u > \mathrm{T_{th}} \text{ entonces hay chequeo.}$$

Resistencia a la torsión:

En secciones sólidas

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1.7 \cdot A_{oh}{}^2}\right)^2} \le \phi\left[\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 2.1\sqrt{f'_c}\right]$$

En secciones huecas

$$\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right) + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1.7 \cdot A_{oh}{}^2}\right) \le \phi\left[\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 2.1\sqrt{f'_c}\right]$$

Torsor que soporta la sección:

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yt}}{s}\cot\theta \qquad A_o = 0.85A_{oh}$$

Acero longitudinal requerido por torsión:

$$A_l = \frac{A_t}{s}P_h\left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right)\cot^2\theta$$

Acero longitudinal mínimo por torsión:

$$A_l = \frac{0.42\sqrt{f'_c}A_{CP}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s}\right) \cdot P_h \cdot \frac{f_{yt}}{f_y}$$

Acero transversal mínimo por torsión:

$$\text{Espaciamiento máximo} \begin{cases} P_h/8 \\ 30\,\text{cm} \end{cases}$$

Donde:

A_{CP}: área de la sección
P_{CP}: perímetro de la sección
A_{oh}: área del alma de la viga
P_h: perímetro neto de la misma sección
f_{yt}: esfuerzo de fluencia del acero de los estribos

6.2.4. CHEQUEO POR CONDICIONES DE SERVICIO

Control De Deflexiones:

Deflexiones Inmediatas

En vigas que forman pórticos, no se verificará deflexiones cuando:

	Simplemente Apoyados	Con un Extremo Continuo	Ambos Extremos Continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos no estructurales susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	l/20	l/24	l/28	l/10
Vigas y losas nervadas en una dirección	l/16	l/18.5	l/21	l/8

Deflexiones Diferidas

Ocurren en el transcurso del tiempo. Se calculan de la forma siguiente:

$$\Delta_d = \lambda\left(\frac{\omega_D + \%\omega_L}{\omega_D + \omega_L}\right)\Delta_i \qquad \lambda = \frac{F}{1+50\rho'}$$

Donde:

F: factor que vale 2.0 para un tiempo de 5 años.
ρ': cuantía de acero en compresión

Deflexiones Permisibles

Tipo de Elemento	Deflexión Considerada	Límite de Deflexión
Techos planos, que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.	$\left(\frac{L}{D+L}\right)\Delta_i$	$\frac{L}{180}$
Pisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes.	$\left(\frac{L}{D+L}\right)\Delta_i$	$\frac{L}{360}$

Pisos o techos que soporten o estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debidos a deflexiones grandes.	$\left(\frac{L}{D+L}\right)\Delta_i + \Delta_d$	$\frac{L}{480}$
Pisos o techos que soporten o estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	$\left(\frac{\%L}{D+L}\right)\Delta_i + \Delta_d$	$\frac{L}{240}$

Chequeo de Agrietamientos:

Para controlar la fisuración o agrietamientos, se utilizó el procedimiento de distribución del refuerzo estipulado por la norma (E-060).

$$z = f_s \sqrt[3]{\Delta(t_b)} \qquad f_s = 0.6 f_y \qquad f_s = \frac{M_s}{0.9 \cdot d \cdot As} \qquad \Delta = \frac{2 \cdot y_s \cdot b}{n}$$

Donde:

z: parámetro que no debe exceder de 26000 kg/cm
Δ: área a considerar
f_s: esfuerzo en el acero
t_b: recubrimiento vertical de las barras más expuestas.
n: número de varillas.

Adicionalmente se tienen las fórmulas para cálculo de ancho de fisuramiento:

$$\psi = \frac{h_1}{h_2} \qquad \omega_{máx} = (t_b \times \Delta)^{1/3} \times \psi \times 10^{-6} \times f_s$$

Donde:

ψ : relación entre h_1 y h_2
h_1 : distancia del eje neutro al centroide de la barra inferior más expuesta
h_2 : distancia del eje neutro al extremo inferior de la viga
$\omega_{máx}$: ancho probable de fisura

6.2.5. RESULTADOS DE DISEÑO

A continuación, se presentan como ejemplo de cálculo los resultados de diseño de vigas.

DISEÑO DE VIGAS SAP

TABLE: Concrete Design 2 - Beam Summary Data - ACI 318-14									
Frame	DesignSect	Design Type	Ftop Area	Fbot Area	V Rebar	TLng Area	TTrn Rebar	ErrMsg	WarnMsg
Text	Text	Text	m2	m2	m2/m	m2	m2/m	Text	Text
1786	VIG 25x45 cm	Beam	0.000127	0.000063	0	0	0	No Messages	No Messages
1786	VIG 25x45 cm	Beam	0.000084	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages
1786	VIG 25x45 cm	Beam	0.000048	0.000032	0	0	0	No Messages	No Messages
1786	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000042	0	0	0	No Messages	No Messages
1786	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000051	0	0	0	No Messages	No Messages
1786	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000054	0	0	0	No Messages	No Messages
1786	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000051	0	0	0	No Messages	No Messages
1786	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000041	0	0	0	No Messages	No Messages
1786	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages
1786	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages

1786	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages
1786	VIG 25x45 cm	Beam	0.000067	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages
1786	VIG 25x45 cm	Beam	0.000111	0.000055	0	0	0	No Messages	No Messages
1787	VIG 25x45 cm	Beam	0.000094	0.000047	0	0	0	No Messages	No Messages
1787	VIG 25x45 cm	Beam	0.000055	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1787	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1787	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1787	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000029	0	0	0	No Messages	No Messages
1787	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.00004	0	0	0	No Messages	No Messages
1787	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000044	0	0	0	No Messages	No Messages
1787	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.00004	0	0	0	No Messages	No Messages
1787	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000033	0	0	0	No Messages	No Messages
1787	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1787	VIG 25x45 cm	Beam	0.000025	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1787	VIG 25x45 cm	Beam	0.000058	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1787	VIG 25x45 cm	Beam	0.000097	0.000048	0	0	0	No Messages	No Messages
1788	VIG 25x45 cm	Beam	0.000097	0.000048	0	0	0	No Messages	No Messages
1788	VIG 25x45 cm	Beam	0.000058	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1788	VIG 25x45 cm	Beam	0.000025	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1788	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1788	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000033	0	0	0	No Messages	No Messages
1788	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.00004	0	0	0	No Messages	No Messages
1788	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000044	0	0	0	No Messages	No Messages
1788	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.00004	0	0	0	No Messages	No Messages
1788	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000029	0	0	0	No Messages	No Messages
1788	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1788	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1788	VIG 25x45 cm	Beam	0.000055	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1788	VIG 25x45 cm	Beam	0.000094	0.000047	0	0	0	No Messages	No Messages
1789	VIG 25x45 cm	Beam	0.000111	0.000055	0	0	0	No Messages	No Messages
1789	VIG 25x45 cm	Beam	0.000067	0.000032	0	0	0	No Messages	No Messages
1789	VIG 25x45 cm	Beam	0.000032	0.000032	0	0	0	No Messages	No Messages
1789	VIG 25x45 cm	Beam	0.000032	0.000032	0	0	0	No Messages	No Messages
1789	VIG 25x45 cm	Beam	0.000032	0.000032	0	0	0	No Messages	No Messages
1789	VIG 25x45 cm	Beam	0.000032	0.000041	0	0	0	No Messages	No Messages
1789	VIG 25x45 cm	Beam	0.000032	0.000051	0	0	0	No Messages	No Messages
1789	VIG 25x45 cm	Beam	0.000032	0.000054	0	0	0	No Messages	No Messages
1789	VIG 25x45 cm	Beam	0.000032	0.000051	0	0	0	No Messages	No Messages
1789	VIG 25x45 cm	Beam	0.000032	0.000042	0	0	0	No Messages	No Messages
1789	VIG 25x45 cm	Beam	0.000048	0.000032	0	0	0	No Messages	No Messages
1789	VIG 25x45 cm	Beam	0.000084	0.000032	0	0	0	No Messages	No Messages
1789	VIG 25x45 cm	Beam	0.000127	0.000063	0	0	0	No Messages	No Messages
1791	VIG 25x45 cm	Beam	0.000127	0.000063	0	0	0	No Messages	No Messages
1791	VIG 25x45 cm	Beam	0.000084	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages
1791	VIG 25x45 cm	Beam	0.000048	0.000032	0	0	0	No Messages	No Messages
1791	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000042	0	0	0	No Messages	No Messages
1791	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000051	0	0	0	No Messages	No Messages
1791	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000054	0	0	0	No Messages	No Messages
1791	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000051	0	0	0	No Messages	No Messages
1791	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000041	0	0	0	No Messages	No Messages
1791	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages
1791	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages
1791	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages
1791	VIG 25x45 cm	Beam	0.000067	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages

1791	VIG 25x45 cm	Beam	0.000111	0.000055	0	0	0	No Messages	No Messages
1792	VIG 25x45 cm	Beam	0.000094	0.000047	0	0	0	No Messages	No Messages
1792	VIG 25x45 cm	Beam	0.000055	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1792	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1792	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1792	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000029	0	0	0	No Messages	No Messages
1792	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.00004	0	0	0	No Messages	No Messages
1792	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000044	0	0	0	No Messages	No Messages
1792	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.00004	0	0	0	No Messages	No Messages
1792	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000033	0	0	0	No Messages	No Messages
1792	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1792	VIG 25x45 cm	Beam	0.000025	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1792	VIG 25x45 cm	Beam	0.000058	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1792	VIG 25x45 cm	Beam	0.000097	0.000048	0	0	0	No Messages	No Messages
1793	VIG 25x45 cm	Beam	0.000097	0.000048	0	0	0	No Messages	No Messages
1793	VIG 25x45 cm	Beam	0.000058	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1793	VIG 25x45 cm	Beam	0.000025	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1793	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1793	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000033	0	0	0	No Messages	No Messages
1793	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.00004	0	0	0	No Messages	No Messages
1793	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000044	0	0	0	No Messages	No Messages
1793	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.00004	0	0	0	No Messages	No Messages
1793	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000029	0	0	0	No Messages	No Messages
1793	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1793	VIG 25x45 cm	Beam	0.000024	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1793	VIG 25x45 cm	Beam	0.000055	0.000024	0	0	0	No Messages	No Messages
1793	VIG 25x45 cm	Beam	0.000094	0.000047	0	0	0	No Messages	No Messages
1794	VIG 25x45 cm	Beam	0.000111	0.000055	0	0	0	No Messages	No Messages
1794	VIG 25x45 cm	Beam	0.000067	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages
1794	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages
1794	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages
1794	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages
1794	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000041	0	0	0	No Messages	No Messages
1794	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000051	0	0	0	No Messages	No Messages
1794	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000054	0	0	0	No Messages	No Messages
1794	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000051	0	0	0	No Messages	No Messages
1794	VIG 25x45 cm	Beam	0.000031	0.000042	0	0	0	No Messages	No Messages
1794	VIG 25x45 cm	Beam	0.000048	0.000032	0	0	0	No Messages	No Messages
1794	VIG 25x45 cm	Beam	0.000084	0.000031	0	0	0	No Messages	No Messages
1794	VIG 25x45 cm	Beam	0.000127	0.000063	0	0	0	No Messages	No Messages
1795	VIG 25x45 cm	Beam	0.000115	0.000057	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1795	VIG 25x45 cm	Beam	0.000071	0.000033	0.000086	0	0	No Messages	No Messages
1795	VIG 25x45 cm	Beam	0.000035	0.00004	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1795	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.00005	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1795	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000052	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1795	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000048	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1795	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000043	0.000057	0	0	No Messages	No Messages
1795	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000041	0.000066	0	0	No Messages	No Messages
1795	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000035	0.000074	0	0	No Messages	No Messages
1795	VIG 25x45 cm	Beam	0.000043	0.000033	0.000082	0	0	No Messages	No Messages
1795	VIG 25x45 cm	Beam	0.000084	0.000033	0.000091	0	0	No Messages	No Messages
1795	VIG 25x45 cm	Beam	0.000133	0.000066	0.000099	0	0	No Messages	No Messages
1796	VIG 25x45 cm	Beam	0.000122	0.000061	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1796	VIG 25x45 cm	Beam	0.000077	0.00003	0.000087	0	0	No Messages	No Messages

1796	VIG 25x45 cm	Beam	0.000039	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1796	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000035	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1796	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000041	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1796	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000039	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1796	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.00004	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1796	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000041	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1796	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000036	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1796	VIG 25x45 cm	Beam	0.000038	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1796	VIG 25x45 cm	Beam	0.000076	0.00003	0.000086	0	0	No Messages	No Messages
1796	VIG 25x45 cm	Beam	0.000121	0.00006	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1797	VIG 25x45 cm	Beam	0.000121	0.00006	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1797	VIG 25x45 cm	Beam	0.000076	0.00003	0.000086	0	0	No Messages	No Messages
1797	VIG 25x45 cm	Beam	0.000038	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1797	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000036	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1797	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000042	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1797	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.00004	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1797	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.00004	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1797	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000041	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1797	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000036	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1797	VIG 25x45 cm	Beam	0.000039	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1797	VIG 25x45 cm	Beam	0.000076	0.00003	0.000087	0	0	No Messages	No Messages
1797	VIG 25x45 cm	Beam	0.000122	0.000061	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1798	VIG 25x45 cm	Beam	0.000122	0.000061	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1798	VIG 25x45 cm	Beam	0.000076	0.00003	0.000087	0	0	No Messages	No Messages
1798	VIG 25x45 cm	Beam	0.000039	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1798	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000036	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1798	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000041	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1798	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.00004	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1798	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.00004	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1798	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000042	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1798	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000036	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1798	VIG 25x45 cm	Beam	0.000038	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1798	VIG 25x45 cm	Beam	0.000076	0.00003	0.000086	0	0	No Messages	No Messages
1798	VIG 25x45 cm	Beam	0.000121	0.00006	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1799	VIG 25x45 cm	Beam	0.000121	0.00006	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1799	VIG 25x45 cm	Beam	0.000076	0.00003	0.000086	0	0	No Messages	No Messages
1799	VIG 25x45 cm	Beam	0.000038	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1799	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000036	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1799	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000041	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1799	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.00004	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1799	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000039	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1799	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000041	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1799	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000035	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1799	VIG 25x45 cm	Beam	0.000039	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1799	VIG 25x45 cm	Beam	0.000077	0.00003	0.000087	0	0	No Messages	No Messages
1799	VIG 25x45 cm	Beam	0.000122	0.000061	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1800	VIG 25x45 cm	Beam	0.000133	0.000066	0.000099	0	0	No Messages	No Messages
1800	VIG 25x45 cm	Beam	0.000084	0.000033	0.000091	0	0	No Messages	No Messages
1800	VIG 25x45 cm	Beam	0.000043	0.000033	0.000082	0	0	No Messages	No Messages
1800	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000035	0.000074	0	0	No Messages	No Messages
1800	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000041	0.000066	0	0	No Messages	No Messages
1800	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000043	0.000057	0	0	No Messages	No Messages
1800	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000048	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1800	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000052	0.000061	0	0	No Messages	No Messages

1800	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.00005	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1800	VIG 25x45 cm	Beam	0.000035	0.00004	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1800	VIG 25x45 cm	Beam	0.000071	0.000033	0.000086	0	0	No Messages	No Messages
1800	VIG 25x45 cm	Beam	0.000115	0.000057	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1801	VIG 25x45 cm	Beam	0.000115	0.000057	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1801	VIG 25x45 cm	Beam	0.000071	0.000033	0.000086	0	0	No Messages	No Messages
1801	VIG 25x45 cm	Beam	0.000035	0.00004	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1801	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.00005	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1801	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000052	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1801	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000048	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1801	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000043	0.000057	0	0	No Messages	No Messages
1801	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000041	0.000066	0	0	No Messages	No Messages
1801	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000035	0.000074	0	0	No Messages	No Messages
1801	VIG 25x45 cm	Beam	0.000043	0.000033	0.000082	0	0	No Messages	No Messages
1801	VIG 25x45 cm	Beam	0.000084	0.000033	0.000091	0	0	No Messages	No Messages
1801	VIG 25x45 cm	Beam	0.000133	0.000066	0.000099	0	0	No Messages	No Messages
1802	VIG 25x45 cm	Beam	0.000122	0.000061	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1802	VIG 25x45 cm	Beam	0.000077	0.00003	0.000087	0	0	No Messages	No Messages
1802	VIG 25x45 cm	Beam	0.000039	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1802	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000035	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1802	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000041	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1802	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000039	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1802	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.00004	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1802	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000041	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1802	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000036	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1802	VIG 25x45 cm	Beam	0.000038	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1802	VIG 25x45 cm	Beam	0.000076	0.00003	0.000086	0	0	No Messages	No Messages
1802	VIG 25x45 cm	Beam	0.000121	0.00006	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1803	VIG 25x45 cm	Beam	0.000121	0.00006	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1803	VIG 25x45 cm	Beam	0.000076	0.00003	0.000086	0	0	No Messages	No Messages
1803	VIG 25x45 cm	Beam	0.000038	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1803	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000036	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1803	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000042	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1803	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.00004	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1803	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.00004	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1803	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000041	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1803	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000036	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1803	VIG 25x45 cm	Beam	0.000039	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1803	VIG 25x45 cm	Beam	0.000076	0.00003	0.000087	0	0	No Messages	No Messages
1803	VIG 25x45 cm	Beam	0.000122	0.000061	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1804	VIG 25x45 cm	Beam	0.000122	0.000061	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1804	VIG 25x45 cm	Beam	0.000076	0.00003	0.000087	0	0	No Messages	No Messages
1804	VIG 25x45 cm	Beam	0.000039	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1804	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000036	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1804	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000041	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1804	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.00004	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1804	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.00004	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1804	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000042	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1804	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000036	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1804	VIG 25x45 cm	Beam	0.000038	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1804	VIG 25x45 cm	Beam	0.000076	0.00003	0.000086	0	0	No Messages	No Messages
1804	VIG 25x45 cm	Beam	0.000121	0.00006	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1805	VIG 25x45 cm	Beam	0.000121	0.00006	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1805	VIG 25x45 cm	Beam	0.000076	0.00003	0.000086	0	0	No Messages	No Messages

1805	VIG 25x45 cm	Beam	0.000038	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1805	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000036	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1805	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000041	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1805	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.00004	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1805	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000039	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1805	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000041	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1805	VIG 25x45 cm	Beam	0.00003	0.000035	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1805	VIG 25x45 cm	Beam	0.000039	0.00003	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1805	VIG 25x45 cm	Beam	0.000077	0.00003	0.000087	0	0	No Messages	No Messages
1805	VIG 25x45 cm	Beam	0.000122	0.000061	0.000095	0	0	No Messages	No Messages
1806	VIG 25x45 cm	Beam	0.000133	0.000066	0.000099	0	0	No Messages	No Messages
1806	VIG 25x45 cm	Beam	0.000084	0.000033	0.000091	0	0	No Messages	No Messages
1806	VIG 25x45 cm	Beam	0.000043	0.000033	0.000082	0	0	No Messages	No Messages
1806	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000035	0.000074	0	0	No Messages	No Messages
1806	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000041	0.000066	0	0	No Messages	No Messages
1806	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000043	0.000057	0	0	No Messages	No Messages
1806	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000048	0.000053	0	0	No Messages	No Messages
1806	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.000052	0.000061	0	0	No Messages	No Messages
1806	VIG 25x45 cm	Beam	0.000033	0.00005	0.00007	0	0	No Messages	No Messages
1806	VIG 25x45 cm	Beam	0.000035	0.00004	0.000078	0	0	No Messages	No Messages
1806	VIG 25x45 cm	Beam	0.000071	0.000033	0.000086	0	0	No Messages	No Messages
1806	VIG 25x45 cm	Beam	0.000115	0.000057	0.000095	0	0	No Messages	No Messages

VIGA V-101 (EJE 1, TRAMO A-B)

DATOS DE DISEÑO

Base de la Viga	b = 25 cm	Resistencia Compr. Conc.	f'_c = 210 kg/cm2
Peralte de la Viga	h = 45 cm	Módulo Elasticidad Conc.	E_c = 217371 kg/cm2
Recubrimiento Inferior	r = 5 cm	Esfuerzo Fluencia Acero	f_y = 4200 kg/cm2
Recubrimiento Superior	d' = 5 cm	Módulo Elasticidad Acero	E_s = 2000000 kg/cm2
Luz Libre de la Viga	L_n = 5.20 m	Factor de Conversión	β_1 = 0.85
Peralte Efectivo	d = 40 cm	Esf. Fluencia Ac. Estribos	f_{yt} = 4200 kg/cm2

DISEÑO POR FLEXIÓN

Factor de Reducción ϕ = 0.90

Momentos Últimos

	IZQUIERDA	CENTRO	DERECHA
Mu (-)	1.42 Tn-m	0.10 Tn-m	1.24 Tn-m
Mu (+)	0.01 Tn-m	0.60 Tn-m	0.33 Tn-m

Determinación si la Viga requiere Acero en Compresión

Cuantía Balanceada		ρ_b = 0.0213
Cuantía Máxima	75%	ρ_{max} = 0.0159
Momento Resistente Máximo		As_{max} = 15.94 cm2
		a = 15.00 cm
		M_{uc} = 19.58 Tn-m

	IZQUIERDA	CENTRO	DERECHA
Mu (-)	No requiere	No requiere	No requiere
Mu (+)	No requiere	No requiere	No requiere

Cálculo de Áreas de Acero

	IZQUIERDA	CENTRO	DERECHA
As (-)	0.95 cm2	0.07 cm2	0.83 cm2
As (+)	0.01 cm2	0.40 cm2	0.22 cm2

Cuantía mínima	ρ_{min} = 0.0024
Acero mínimo	As_{min} = 2.42 cm2

	IZQUIERDA	CENTRO	DERECHA
As (-)	**2.42 cm2**	**2.42 cm2**	**2.42 cm2**
As (+)	**2.42 cm2**	**2.42 cm2**	**2.42 cm2**

Varillas de Refuerzo

	IZQUIERDA	CENTRO	DERECHA
As (-)	**3 ϕ 1/2''**	**3 ϕ 1/2''**	**3 ϕ 1/2''**
As (+)	**3 ϕ 1/2''**	**3 ϕ 1/2''**	**3 ϕ 1/2''**

Verificaciones de P-P'

	IZQUIERDA	CENTRO	DERECHA
P	0.0038	0.0038	0.0038
P'	0.0038	0.0038	0.0038
P-P'	0.0000	0.0000	0.0000
Condición	**Sí Cumple**	**Sí Cumple**	**Sí Cumple**

DISEÑO POR CORTE

Factor de Reducción $\phi = 0.85$
Diámetro del Estribo $d_{est} = 3/8''$
Número de ramales $n = 2$
Sistema Dual 1

Fuerza Cortante Último de la Viga $V_u = 1.12$ Tn
Fuerza Cortante que resiste el Concreto $V_c = 6.53$ Tn
Fuerza Cortante remanente del Acero $V_s = 0.00$ Tn
Fuerza Cortante Máxima $V_{max} = 25.87$ Tn
Fuerza Cortante para espaciamiento máximo $V = 13.55$ Tn

Chequeo por cortante máximo $V_u \leq V_{max}$ **Conforme**

Cálculo del espaciamiento de estribos

Área del Estribo Av = 1.43 cm2
Espaciamiento entre estribos s = 20.0 cm

Cálculo del espaciamiento máximo $s_{max} = 20.0$ cm

$$s_{max} = \begin{cases} 20.0 \text{ cm} \\ 60 \text{ cm} \end{cases}$$

Consideraciones Sísmicas $s_o = 10.0$ cm
$s = 20.0$ cm

$$s_o = \begin{cases} 10.0 \text{ cm} \\ 12.7 \text{ cm} \\ 22.8 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{cases} \qquad s = \begin{cases} 20.0 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{cases}$$

Usar Estribos de 3/8'': 1 @ 5 cm, 9 @ 10 cm, Resto @ 20 cm

DISEÑO POR TORSIÓN

Factor de Reducción $\phi = 0.85$
$\theta = 45^o$ $\cot\theta = 1$

Momento Torsor Último	T_u =	0.22 Tn-m
Área de la sección transversal	A_{CP} =	1125 cm2
Perímetro de la sección transversal	P_{CP} =	140 cm
Momento Torsor para Chequeo	T_{th} =	0.30 Tn-m
Torsión de Fisuración	T_{cr} =	1.20 Tn-m

Verificación de la sección de la viga para soportar la torsión

Área del alma de la viga	A_{oh} =	525 cm2
Perímetro del alma de la viga	P_h =	100 cm

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1.7 \cdot A_{oh}^{\ 2}}\right)^2} \le \phi\left[\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 2.1\sqrt{f'_c}\right]$$

4.83 < 31.42 **Conforme**

Momento Torsor que soporta la sección	ϕT_n =	2.27 Tn-m	Extremos
	Tu < ϕTn	**Espaciamiento de estribos por corte es suficiente**	
Momento Torsor que soporta la sección	ϕT_n =	1.14 Tn-m	Medio
	Tu < ϕTn		

Acero Longitudinal requerido por Torsión	A_l =	7.13 cm2	3.56 cm2
Acero colocado por Flexión	A_f =	7.60 cm2	7.60 cm2
		Extremos	Medio
		Conforme	**Conforme**

Espaciamiento máximo por Torsión	13 cm	Extremos	10 cm	**Conforme**
	30 cm	Medio	20 cm	

CHEQUEO POR CONDICIONES DE SERVICIO

Condición de la Viga Con un extremo continuo

L/18.5 = 28 cm **Conforme, no requiere chequeo por Deflexiones**

CHEQUEO POR AGRIETAMIENTO

Momento Flector en condiciones de Servicio	M_s =	0.72 Tn-m	
Recubrimiento vertical de la barra más expuesta	t_b =	5.0 cm	
Esfuerzo en el Acero	f_s =	526 kg/cm2	
Área a considerar	Δ =	83 kg/cm2	
Valor del parámetro	Z =	3931 kg/cm	**Conforme**
	ψ =	1.16	
	w_{max} =	0.05 mm	

Recubrimiento vertical de la barra más expuesta	t_b =	5.0 cm	
Esfuerzo en el Acero	f_s =	2520 kg/cm2	
Área a considerar	Δ =	83 kg/cm2	
Valor del parámetro	Z =	18822 kg/cm	**Conforme**

6.3. DISEÑO DE COLUMNAS

Las columnas son elementos sometidos principalmente a esfuerzos de flexo-compresión, debido a que tienen momentos flectores trasmitidos por las vigas y reciben las cargas axiales de los diferentes niveles de la edificación.

6.3.1. DISEÑO POR FLEXO-COMPRESIÓN BIAXIAL

Es la más completa para el análisis y diseño de columnas es la consideración de flexo compresión biaxial, vale decir que además de la carga axial que soporta la columna se considera que actúan momentos flectores en los dos sentidos principales de la columna.

En el caso de columnas circulares no hay ningún problema para resolver el caso biaxial, pues dada la simetría polar de la figura, se puede hallar un momento o excentricidad equivalente y se resolvería por el caso uniaxial:

$$M_t = \sqrt{M_x{}^2 + M_y{}^2} \qquad e_t = \sqrt{e_x{}^2 + e_y{}^2}$$

Una de las soluciones más simples con el suficiente grado de aproximación resulta ser la de Boris Bresler para problemas de análisis y la solución de Jacobsen para problemas de diseño.

Método de Boris Bresler:

La ecuación de Boris Bresler (1960), resulta la forma más sencilla y práctica de reducir el problema biaxial de las columnas a la condición uniaxial, esta ecuación se basa en el criterio de superposición y su expresión en la siguiente:

$$\frac{1}{P_u} \le \frac{1}{\phi P_{nx}} + \frac{1}{\phi P_{ny}} - \frac{1}{\phi P_{no}} \qquad \frac{P_u}{\phi P_{no}} \ge 0.1$$

Donde:

P_u: Resistencia última en flexión biaxial
ΦP_{nx}: Resistencia de diseño, sólo bajo momento en x
ΦP_{ny}: Resistencia de diseño, sólo bajo momento en y
ΦP_{no}: Resistencia de diseño, sólo bajo momento acción carga axial.

Aproximación de Jacobsen:

Para el problema de diseño de columnas no se puede usar directamente la ecuación de Boris Bresler. La ecuación de Bresler permiten calcular la capacidad resistente de la columna, lo que significa que para calcular el refuerzo longitudinal de la columna es necesario asumir una cuantía de acero y por aproximaciones sucesivas encontrar el refuerzo aproximado. Para abreviar este proceso se utilizó el método de Jacobsen que plantea las siguientes ecuaciones:

Si $t_x > t_y$:

$$M' = \sqrt{M_x{}^2 + M_y{}^2 \left(\frac{t_x}{t_y}\right)^2} \qquad e' = \sqrt{e_x{}^2 + e_y{}^2 \left(\frac{t_x}{t_y}\right)^2}$$

Si $t_y > t_{yx}$:

$$M' = \sqrt{M_x^{\,2}\left(\frac{t_y}{t_x}\right)^2 + M_y^{\,2}} \qquad e' = \sqrt{e_x^{\,2}\left(\frac{t_y}{t_x}\right)^2 + e_y^{\,2}}$$

6.3.2. DISEÑO POR CORTE

La Norma de Concreto Armado E.060 especifica que el diseño de las secciones transversales de los elementos sujetos a fuerza cortante deberá basarse en la expresión:

$$V_u = \frac{M_{ni} + M_{ns}}{h_n}$$

Donde:

V_u: es la resistencia requerida por corte de la sección analizada.
M_{ni}: Momento superior de la columna.
M_{ns}: Momento inferior de la columna.
h_n: altura de la columna.

$$V_c = \phi \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \qquad V_s = V_u - V_c \qquad s = \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

DUAL 1: cuando solo hay vigas y columnas.

$$L_o \begin{cases} Ln/6 \\ b \\ 50\,\text{cm} \end{cases} \qquad s_o \begin{cases} 8d_v \\ a/2 \\ 10\,\text{cm} \end{cases}$$

DUAL 2: cuando hay vigas, columnas y placas o muros de corte.

$$L_o \begin{cases} Ln/6 \\ b \\ 50\,\text{cm} \end{cases} \qquad s_o \begin{cases} 6d_v \\ a/3 \\ 10\,\text{cm} \end{cases}$$

En ambos casos:

$$s' \le 25\,\text{cm} \qquad s'' \text{ cada } 15\,\text{cm}$$

En el caso de columnas circulares es conveniente utilizar columnas zunchadas en cuyo caso el espaciamiento es como se muestra a continuación:

$$s = \frac{4A_s\left(D_c - \phi_c\right)}{P_s\left(D_c\right)^2} \qquad A_g = \frac{\pi D^2}{4} \qquad A_c = \frac{\pi D_c^{\,2}}{4}$$

Donde:

s: paso del espiral
A_c: áreal del núcleo de concreto
D_c: diámetro del núcleo
A_s: Área del refuerzo en espiral
Φ_c: diámetro del refuerzo en espiral.

6.3.3. RESULTADOS DE DISEÑO

A continuación, se presentan como ejemplo de cálculo los resultados de diseño de columnas.

TABLE: Concrete Design 1 - Column Summary Data - ACI 318-14								
Frame	DesignSect	Design Type	Design Opt	Location	PMMRatio	VMajRebar	VMinRebar	ErrMsg
Text	Text	Text	Text	m	Unitless	m2/m	m2/m	Text
1	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	0	0.048263	0.000047	0.000042	No Messages
1	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	1.65	0.033622	0.000047	0.000042	No Messages
1	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	3.3	0.036017	0.000047	0.000042	No Messages
251	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	0	0.048266	0.000047	0.000042	No Messages
251	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	1.65	0.033623	0.000047	0.000042	No Messages
251	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	3.3	0.036019	0.000047	0.000042	No Messages
250	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	0	0.127808	0.00003	0.000071	No Messages
250	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	1.65	0.080519	0.00003	0.000071	No Messages
250	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	3.3	0.044024	0.00003	0.000071	No Messages
501	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	0	0.125811	0.00003	0.000071	No Messages
501	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	1.65	0.079622	0.00003	0.000071	No Messages
501	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	3.3	0.043507	0.00003	0.000071	No Messages
503	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	0	0.161421	0.000034	0.000067	No Messages
503	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	1.65	0.100249	0.000034	0.000067	No Messages
503	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	3.3	0.052165	0.000034	0.000067	No Messages
752	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	0	0.158818	0.000034	0.000067	No Messages
752	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	1.65	0.098595	0.000034	0.000067	No Messages
752	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	3.3	0.051406	0.000034	0.000067	No Messages
754	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	0	0.168378	0.000035	0.000067	No Messages
754	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	1.65	0.104842	0.000035	0.000067	No Messages
754	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	3.3	0.05436	0.000035	0.000067	No Messages
1003	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	0	0.165649	0.000035	0.000067	No Messages
1003	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	1.65	0.103111	0.000035	0.000067	No Messages
1003	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	3.3	0.053568	0.000035	0.000067	No Messages
1005	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	0	0.161421	0.000034	0.000067	No Messages
1005	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	1.65	0.100249	0.000034	0.000067	No Messages
1005	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	3.3	0.052165	0.000034	0.000067	No Messages
1254	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	0	0.158821	0.000034	0.000067	No Messages
1254	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	1.65	0.098597	0.000034	0.000067	No Messages
1254	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	3.3	0.051407	0.000034	0.000067	No Messages
1256	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	0	0.127807	0.00003	0.000071	No Messages
1256	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	1.65	0.080518	0.00003	0.000071	No Messages
1256	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	3.3	0.044024	0.00003	0.000071	No Messages
1505	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	0	0.125818	0.00003	0.000071	No Messages
1505	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	1.65	0.079625	0.00003	0.000071	No Messages
1505	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	3.3	0.043509	0.00003	0.000071	No Messages
1507	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	0	0.048263	0.000047	0.000042	No Messages
1507	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	1.65	0.033622	0.000047	0.000042	No Messages
1507	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	3.3	0.036017	0.000047	0.000042	No Messages
1756	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	0	0.048266	0.000047	0.000042	No Messages
1756	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	1.65	0.033623	0.000047	0.000042	No Messages
1756	COL CONC 50x50 cm	Column	Check	3.3	0.036019	0.000047	0.000042	No Messages
1778	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	0	0.144144	0.000036	0.000162	No Messages
1778	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	1.65	0.060251	0.000036	0.000162	No Messages
1778	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	3.3	0.056028	0.000036	0.000162	No Messages
1779	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	0	0.257361	0.00006	0.000149	No Messages

1779	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	1.65	0.091236	0.00006	0.000149	No Messages
1779	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	3.3	0.046802	0.00006	0.000149	No Messages
1780	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	0	0.144158	0.000036	0.000162	No Messages
1780	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	1.65	0.060256	0.000036	0.000162	No Messages
1780	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	3.3	0.055861	0.000036	0.000162	No Messages
1781	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	0	0.144144	0.000036	0.000162	No Messages
1781	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	1.65	0.060251	0.000036	0.000162	No Messages
1781	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	3.3	0.056036	0.000036	0.000162	No Messages
1782	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	0	0.257361	0.00006	0.000149	No Messages
1782	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	1.65	0.091236	0.00006	0.000149	No Messages
1782	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	3.3	0.046802	0.00006	0.000149	No Messages
1783	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	0	0.144159	0.000036	0.000162	No Messages
1783	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	1.65	0.060256	0.000036	0.000162	No Messages
1783	COL CONC 25x40 cm	Column	Check	3.3	0.055858	0.000036	0.000162	No Messages

COLUMNA C-1

DATOS DE DISEÑO

Forma de la Columna	Rectangular	Resistencia Compr. Conc.	f'_c = 210 kg/cm2
Ancho de la Columna	b = 50 cm	Módulo Elasticidad Conc.	E_c = 217371 kg/cm2
Largo de la Columna	h = 50 cm	Esfuerzo Fluencia Acero	f_y = 4200 kg/cm2
Recubrimiento	r = 5 cm	Módulo Elasticidad Acero	E_s = 2000000 kg/cm2
Longitud Neta Columna	L_n = 2.85 m	Factor de Conversión	β_1 = 0.85
Peralte Efectivo	d = 45 cm		

DISEÑO POR FLEXO-COMPRESIÓN BIAXIAL

Factor de Reducción ϕ = 0.70 Con estribos

Cargas y excentricidades para el diseño

Carga Axial Última	P_u = 11.85 Tn
Momento Último en el sentido X	M_{ux} = 1.33 Tn-m
Momento Último en el sentido Y	M_{uy} = 1.32 Tn-m
Excentricidad en X	e_x = 11.1 cm
Excentricidad en Y	e_y = 11.2 cm

Aproximación de Jacobsen

Excentricidad	e' = 15.8 cm
Momento Último	M' = 1.87 Tn-m

Cálculo de la Cuantía de Acero

Datos para los Abacos

	X-X	Y-Y
$e'/t_{x,y}$	0.32	0.32
P_u/A_g	5 kg/cm2	5 kg/cm2
γ	0.80	0.80
ρ	1.00%	1.00%

Comprobación por Bresler

Datos para los Abacos

	X-X	Y-Y
$e/t_{x,y}$	0.22	0.22
ρ	1.00%	
γ	0.80	0.80
P_u/A_g	96 kg/cm2	96 kg/cm2
P_u	239.2 Tn	239.2 Tn

Resistencia bajo momento X	P_{ux} = 239.2 Tn
Resistencia bajo momento Y	P_{uy} = 239.2 Tn
Carga Axial solamente	P_o = 306.2 Tn
	P_u/P_o = 0.04
	P_u = 196.2 Tn **Conforme**

Área de Acero y Varillas de Refuerzo

Área de Acero Calculada	As = 25.00 cm2

4 ϕ 3/4'' + 8 ϕ 5/8''

DISEÑO POR CORTE

Factor de Reducción	ϕ = 0.85
Diámetro del Estribo	d_{est} = 3/8''
Número de ramales	n = 2
Sistema	Dual 1

Fuerza Cortante Último	V_u = 0.62 Tn
Fuerza Cortante que resiste el Concreto	V_c = 14.69 Tn
Fuerza Cortante remanente del Acero	V_s = 0.00 Tn
Fuerza Cortante Máxima	V_{max} = 58.20 Tn
Fuerza Cortante para espaciamiento máximo	V = 30.49 Tn

Chequeo por cortante máximo $V_u \leq V_{max}$ **Conforme**

Cálculo del espaciamiento de estribos

Área del Estribo	Av = 1.43 cm2
Espaciamiento entre estribos	s = 25.0 cm

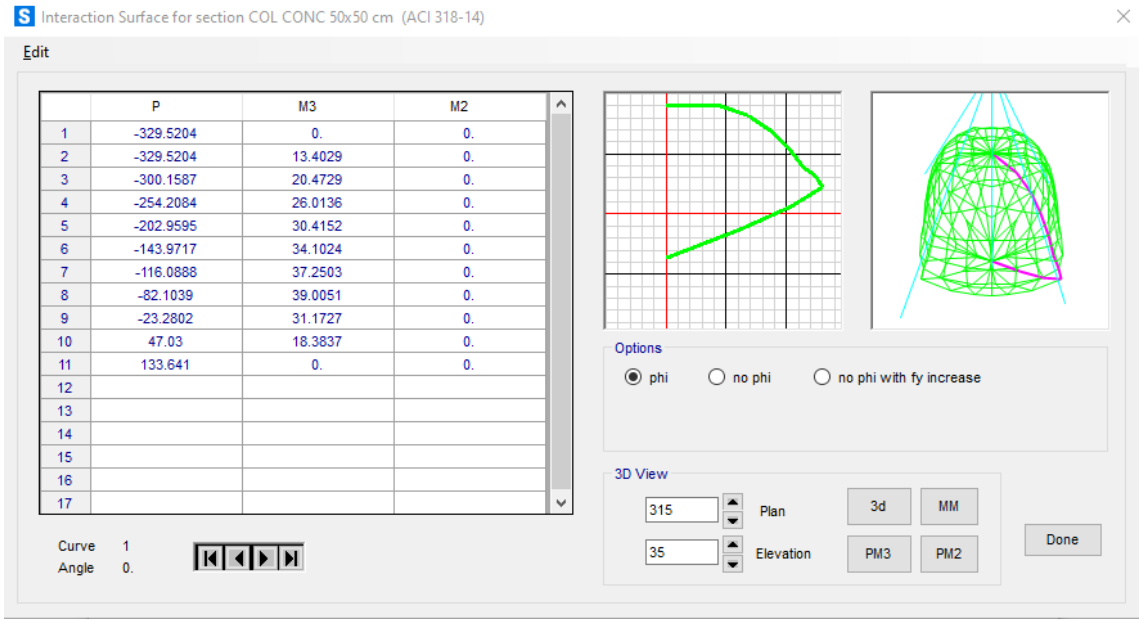
Espaciamiento estribos medio de la columna	s'= 25 cm
Espaciamiento estribos nudo con viga	s''= 15 cm

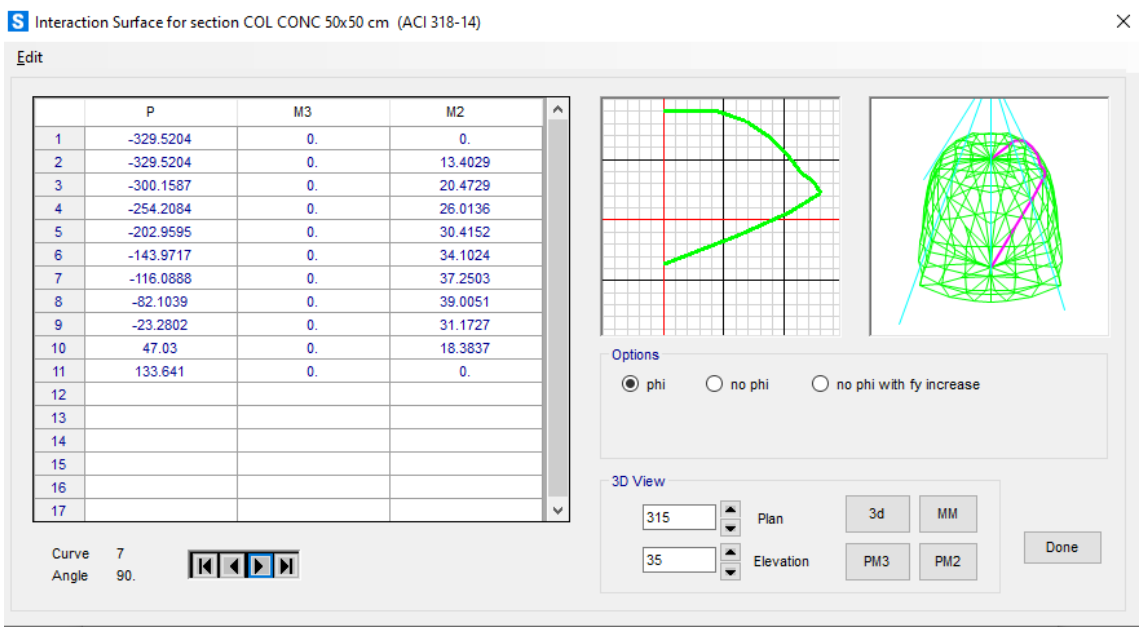
Cálculo Longitud estribos confinados Lo = 50 cm

Consideraciones Sísmicas so = 10.0 cm

L_o = { 47.5 cm; 50.0 cm; 50 cm } s_o = { 15.8 cm; 25 cm; 10 cm }

Usar Estribos de 3/8'': 1 @ 5 cm, 5 @ 10 cm, 2 @ 15 cm, Resto @ 25 cm


Interaction Surface for section COL CONC 50x50 cm (ACI 318-14)
Edit
P M3 M2
1 -329.5204 0. 0.
2 -329.5204 13.4029 0.
3 -300.1587 20.4729 0.
4 -254.2084 26.0136 0.
5 -202.9595 30.4152 0.
6 -143.9717 34.1024 0.
7 -116.0888 37.2503 0.
8 -82.1039 39.0051 0.
9 -23.2802 31.1727 0.
10 47.03 18.3837 0.
11 133.641 0. 0.
12
13
14
15
16
17
Curve 1
Angle 0.
Options
phi
no phi
no phi with fy increase
3D View
315
Plan
35
Elevation
3d
MM
PM3
PM2
Done


Interaction Surface for section COL CONC 50x50 cm (ACI 318-14)
Edit
P M3 M2
1 -329.5204 0. 0.
2 -329.5204 0. 13.4029
3 -300.1587 0. 20.4729
4 -254.2084 0. 26.0136
5 -202.9595 0. 30.4152
6 -143.9717 0. 34.1024
7 -116.0888 0. 37.2503
8 -82.1039 0. 39.0051
9 -23.2802 0. 31.1727
10 47.03 0. 18.3837
11 133.641 0. 0.
12
13
14
15
16
17
Curve 7
Angle 90.
Options
phi
no phi
no phi with fy increase
3D View
315
Plan
35
Elevation
3d
MM
PM3
PM2
Done

COLUMNA C-2

DATOS DE DISEÑO

Forma de la Columna	Rectangular	Resistencia Compr. Conc.	f'_c = 210 kg/cm2
Ancho de la Columna	b = 25 cm	Módulo Elasticidad Conc.	E_c = 217371 kg/cm2
Largo de la Columna	h = 40 cm	Esfuerzo Fluencia Acero	f_y = 4200 kg/cm2
Recubrimiento	r = 5 cm	Módulo Elasticidad Acero	E_s = 2000000 kg/cm2
Longitud Neta Columna	L_n = 2.85 m	Factor de Conversión	β_1 = 0.85
Peralte Efectivo	d = 35 cm		

DISEÑO POR FLEXO-COMPRESIÓN BIAXIAL

Factor de Reducción ϕ = 0.70 Con estribos

Cargas y excentricidades para el diseño

Carga Axial Última	P_u = 3.24 Tn
Momento Último en el sentido X	M_{ux} = 0.74 Tn-m
Momento Último en el sentido Y	M_{uy} = 0.55 Tn-m
Excentricidad en X	e_x = 17.0 cm
Excentricidad en Y	e_y = 22.8 cm

Aproximación de Jacobsen

Excentricidad	e' = 35.5 cm
Momento Último	M' = 1.31 Tn-m

Cálculo de la Cuantía de Acero

Datos para los Abacos

	X-X	Y-Y
$e'/t_{x,y}$	1.42	0.89
P_u/A_g	3 kg/cm2	3 kg/cm2
γ	0.60	0.75
ρ	1.00%	1.00%

Comprobación por Bresler

Datos para los Abacos

	X-X	Y-Y
$e/t_{x,y}$	0.68	0.57
ρ	1.00%	
γ	0.60	0.75
P_u/A_g	15 kg/cm2	21 kg/cm2
P_u	15.0 Tn	21.0 Tn

Resistencia bajo momento X	P_{ux} = 15.0 Tn
Resistencia bajo momento Y	P_{uy} = 21.0 Tn
Carga Axial solamente	P_o = 122.5 Tn
	P_u/P_o = 0.03
	P_u = 9.4 Tn **Conforme**

Área de Acero y Varillas de Refuerzo

Área de Acero Calculada	As = 10.00 cm2

6 ϕ 5/8''

DISEÑO POR CORTE

Factor de Reducción	ϕ = 0.85
Diámetro del Estribo	d_{est} = 3/8''
Número de ramales	n = 2
Sistema	Dual 1

Fuerza Cortante Último de la Viga	V_u = 0.32 Tn
Fuerza Cortante que resiste el Concreto	V_c = 5.71 Tn
Fuerza Cortante remanente del Acero	V_s = 0.00 Tn
Fuerza Cortante Máxima	V_{max} = 22.63 Tn
Fuerza Cortante para espaciamiento máximo	V = 11.86 Tn

Chequeo por cortante máximo $V_u \leq V_{max}$ **Conforme**

Cálculo del espaciamiento de estribos

Área del Estribo	Av = 1.43 cm2
Espaciamiento entre estribos	s = 25.0 cm

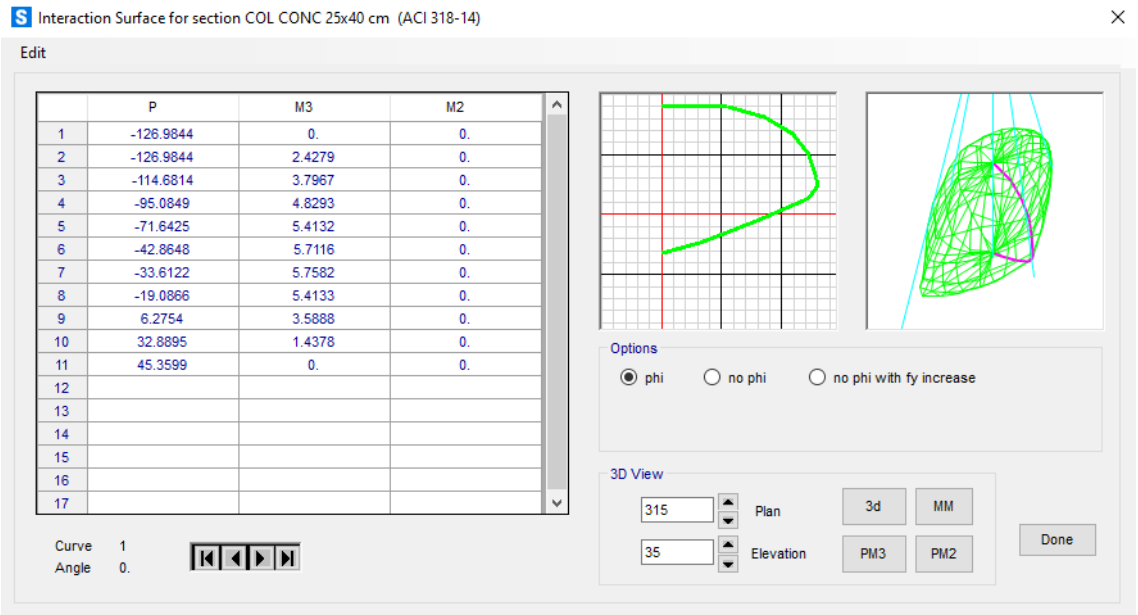
Espaciamiento estribos medio de la columna	s'= 25 cm
Espaciamiento estribos nudo con viga	s''= 15 cm

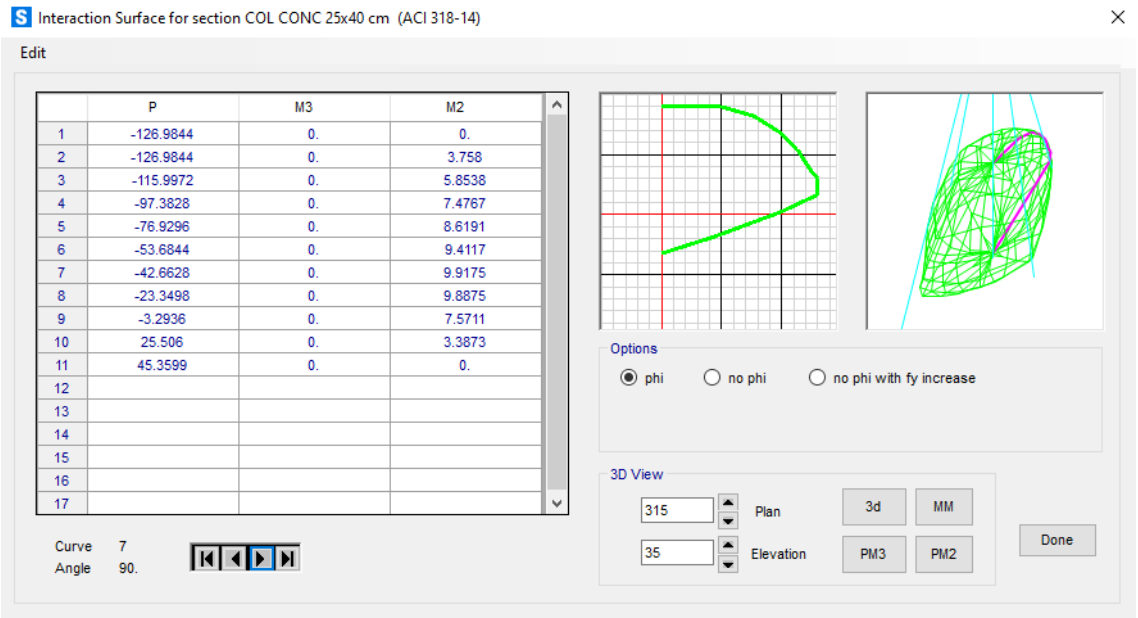
Cálculo Longitud estribos confinados Lo = 50 cm

Consideraciones Sísmicas so = 10.0 cm

L_o = { 47.5 cm; 40.0 cm; 50 cm } s_o = { 15.8 cm; 13 cm; 10 cm }

Usar Estribos de 3/8'': 1 @ 5 cm, 5 @ 10 cm, 2 @ 15 cm, Resto @ 25 cm





6.4. DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

6.4.1. ZAPATAS

Para el proyecto emplearemos zapatas aisladas, las cuales se diseñan por flexión y se verifican por corte, además se debe verificar que no haya tensiones en el suelo y las presiones en el mismo no superen el q_{adm}.

Si se presenta excentricidad en dos direcciones, las presiones en las esquinas de la zapata serán:

$$q_{1,2,3,4} = \frac{P}{BL}\left(1 \pm \frac{6e_1}{B} \pm \frac{6e_2}{L}\right)$$

Donde:

e_1: excentricidad en la dirección paralela a B.
e_2: excentricidad en la dirección paralela a L.

Para el diseño de estas cimentaciones se debe:

- Asumir un peralte para el cimiento corrido. El peralte mínimo para zapatas es 30 cm.
- Dimensionar la zapata.
- Verificar que el peralte asumido absorba adecuadamente el corte debido a la flexión, para lo cual utilizaremos la siguiente relación:

$$d_{nec} = \frac{q_u \cdot L}{\phi \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f'_c}} \qquad V_u = q_u \cdot L \cdot B$$

$$V_c = \phi \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$\text{Se debe cumplir } : V_u \leq V_c$$

- Cálculo del acero principal: se utiliza las fórmulas de flexión.
- Cálculo de longitud de desarrollo: finalmente debe hacerse un chequeo para verificar que el acero longitudinal de refuerzo tenga una longitud tal que se logre la adherencia y anclaje deseados. Es de destacar que este chequeo se hace para zapatas cortas de 1.5 m de lado o menos y se aplica la relación siguiente:

$$L \begin{cases} \dfrac{0.06 A_s f_y}{\sqrt{f'_c}} \\ 0.06 d_s f_y \\ 30\ \text{cm} \end{cases}$$

- El diseño de las zapatas aisladas es en las dos direcciones, y sus medidas varían entre:

$$\frac{L}{2} > \text{B} > \frac{L}{3}$$

- Adicionalmente al chequeo por corte-flexión se hace chequeo por corte-punzonamiento para verificar el posible efecto de penetración de la columna en la zapata debido a la gran diferencia de áreas.

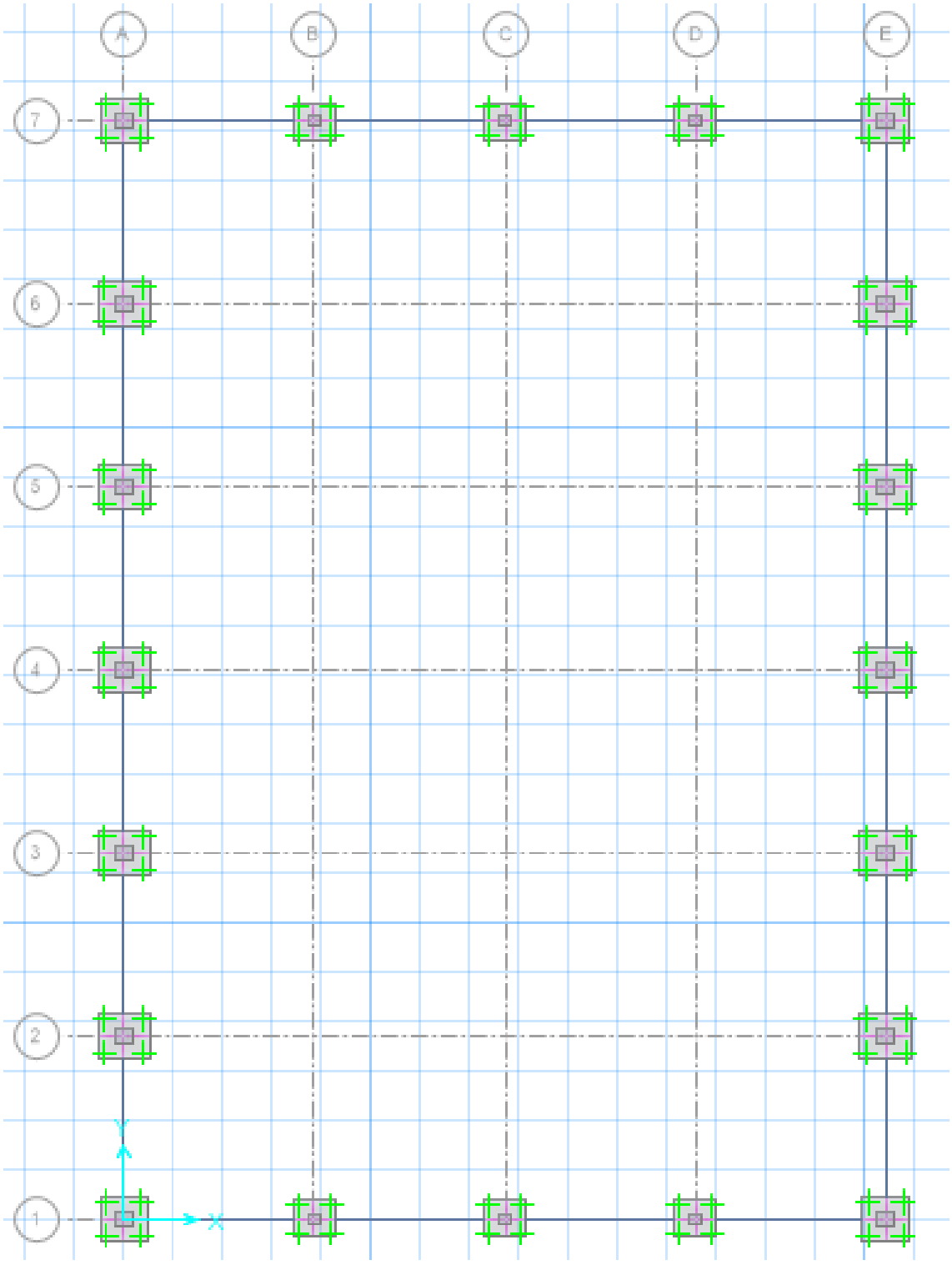
$$V_u = q_u \cdot A'$$

$$\text{Corte resistente}\begin{cases} V_c = \phi\left(0.53+\dfrac{1.1}{\beta_c}\right)\sqrt{f'_c}\,b_o d \\ \text{para } b/t > 2 \\ \text{pero no mayor que} \\ V_c = \phi\cdot 1.1\sqrt{f'_c}\,b_o d \end{cases}$$

$$\beta_c = \frac{\text{Lado mayor}}{\text{Lado menor}} = \frac{b}{t} \qquad\qquad d_{nec} = \frac{q_u A'}{\phi\cdot 1.1\sqrt{f'_c}\,b_o}$$

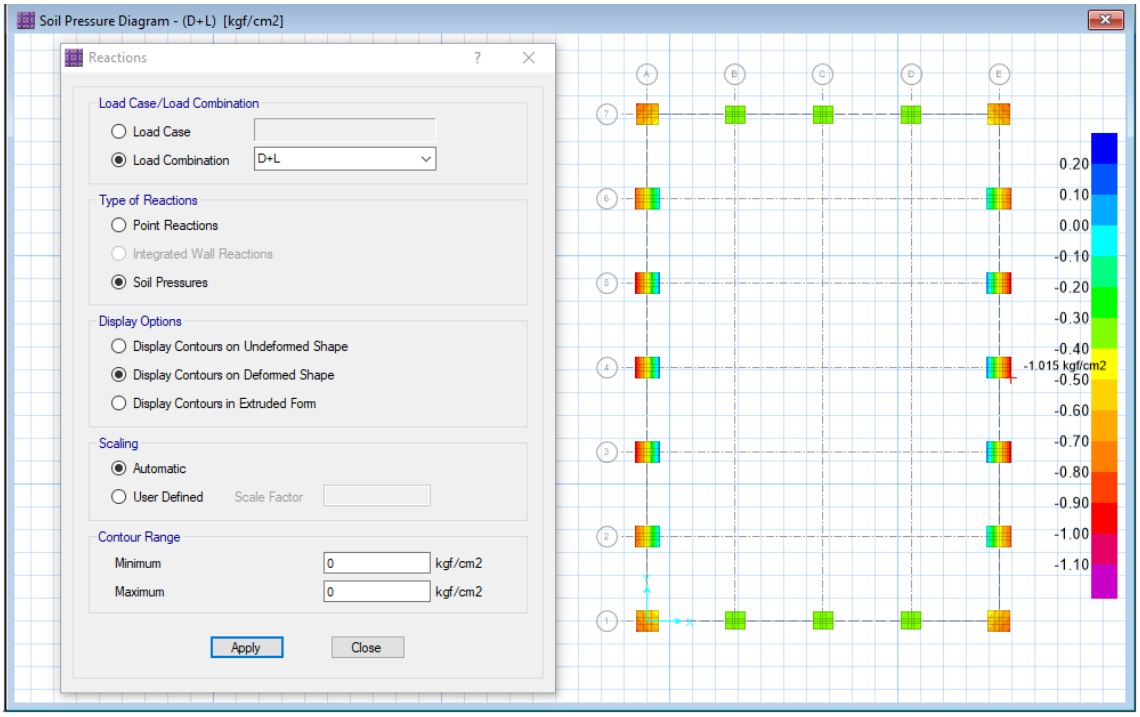
$$\text{Se debe cumplir } : V_u \le V_c$$

A continuación, se muestra el diseño de la cimentación:



Veamos los resultados siguientes:

Presiones en el suelo debido a carga de servicio D+L:

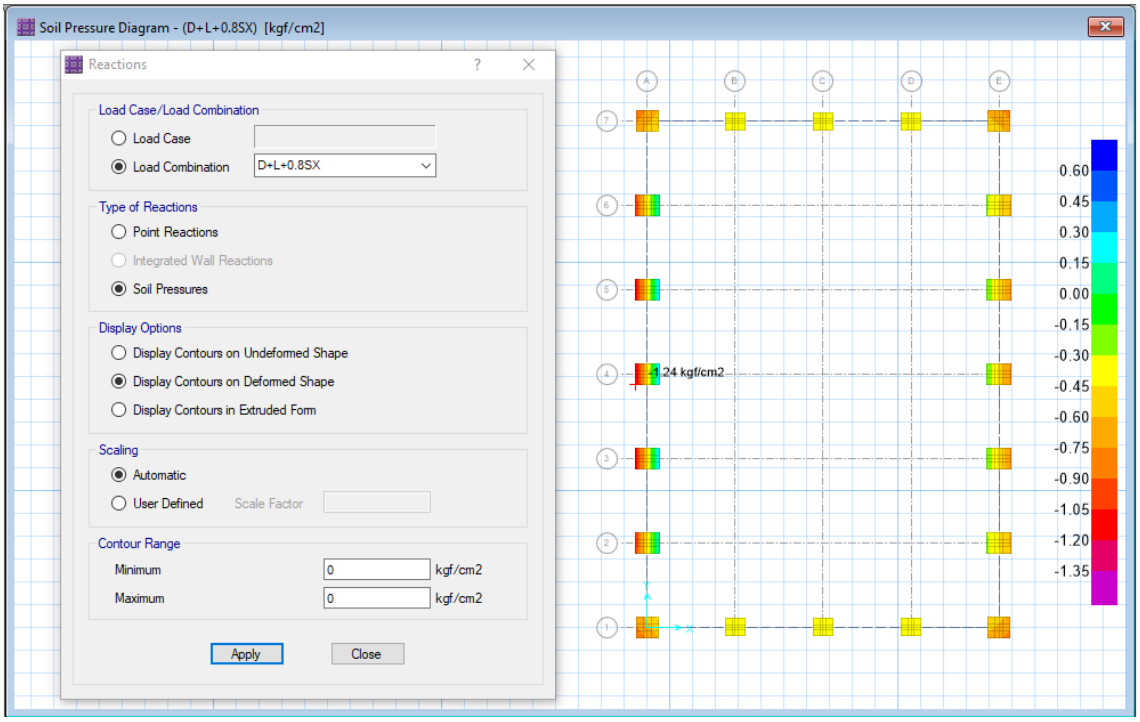


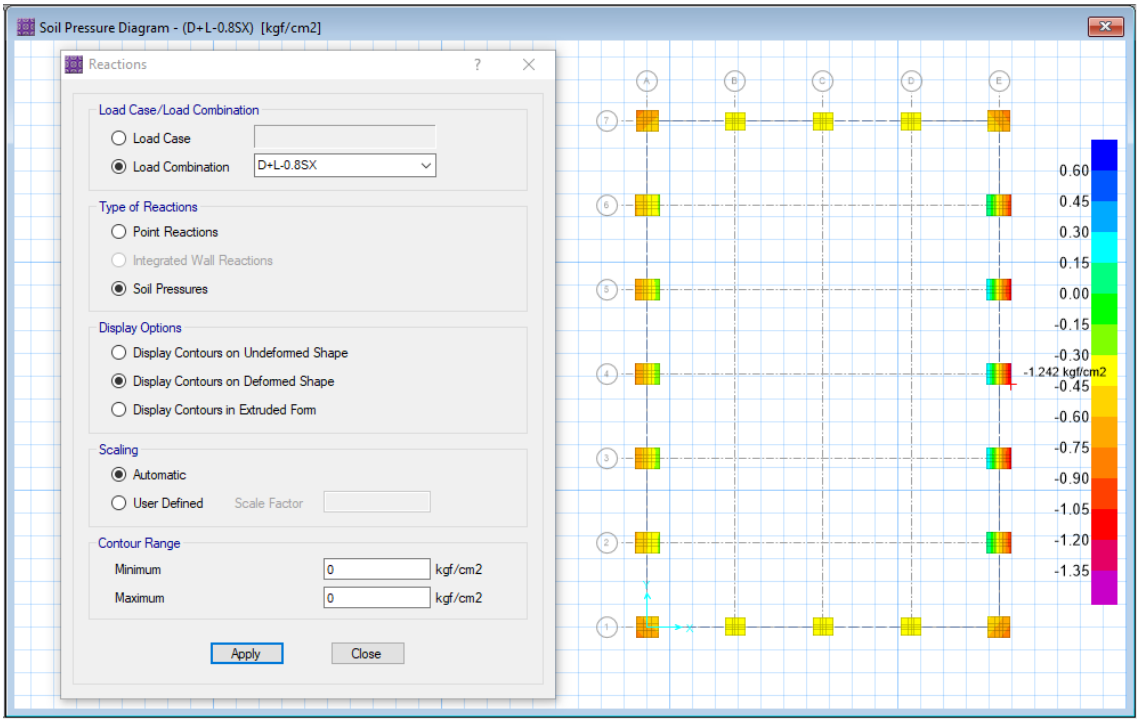
El valor de presión máxima por carga de servicio D+L es de 1.015 kg/cm^2 el cual es menor a la capacidad admisible de 1.47 kg/cm^2.

Según el artículo 15.2.4. de la norma E.060, se podrá considerar un incremento del 30% en el valor de la presión admisible del suelo para los estados de cargas en los que intervengan cargas temporales, tales como sismo o viento. Entonces la capacidad admisible de 1.47 kg/cm^2 al incrementar el 30% resulta un valor de 1.911 kg/cm^2.

Según el artículo 15.2.5. de la norma E.060, para determinar los esfuerzos en el suelo o las fuerzas en pilotes, las acciones sísmicas podrán reducirse al 80% de los valores provenientes del análisis, ya que las solicitaciones sísmicas especificadas en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente están especificadas al nivel de resistencia de la estructura.

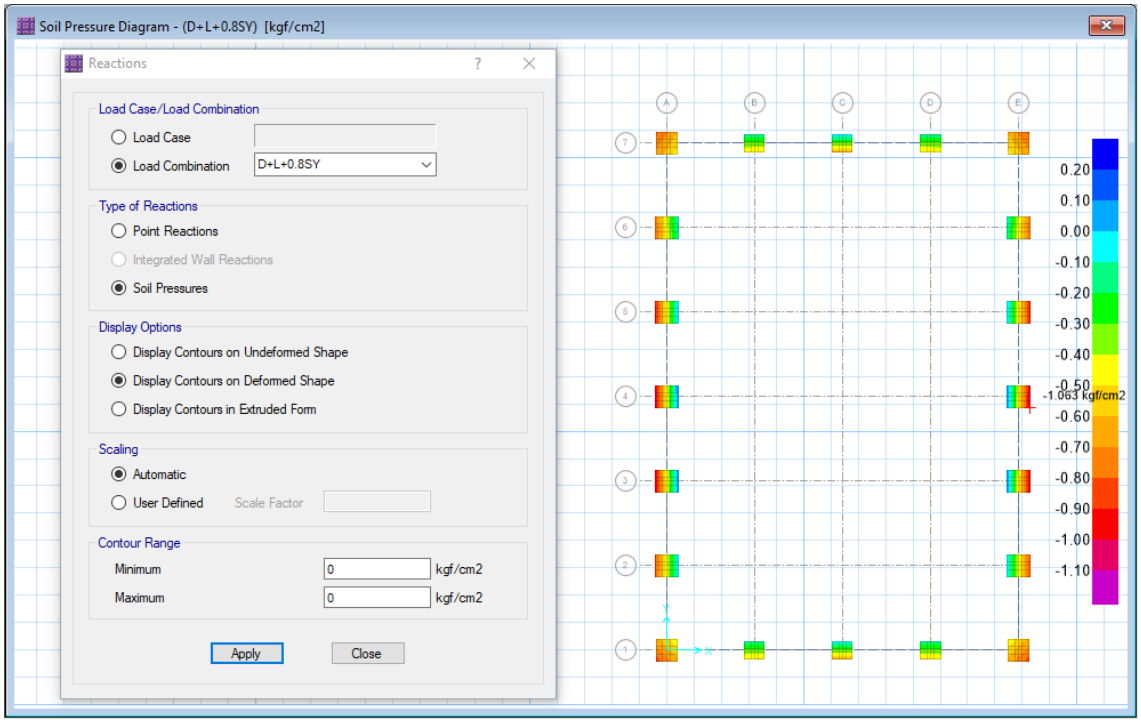
Presiones en el suelo debido a carga de servicio con sismo en X:

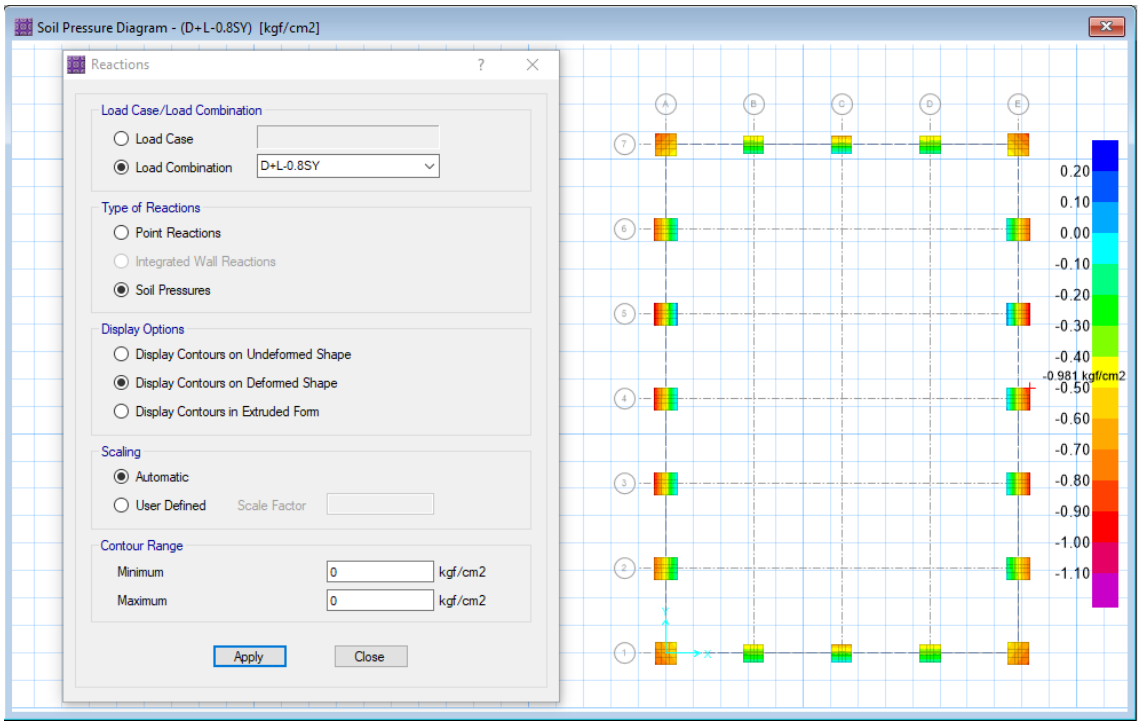




El valor de presión máxima por carga de servicio D+L±0.8SX es de 1.242 kg/cm^2 el cual es menor a la capacidad admisible incrementada al 30% de 1.911 kg/cm^2.

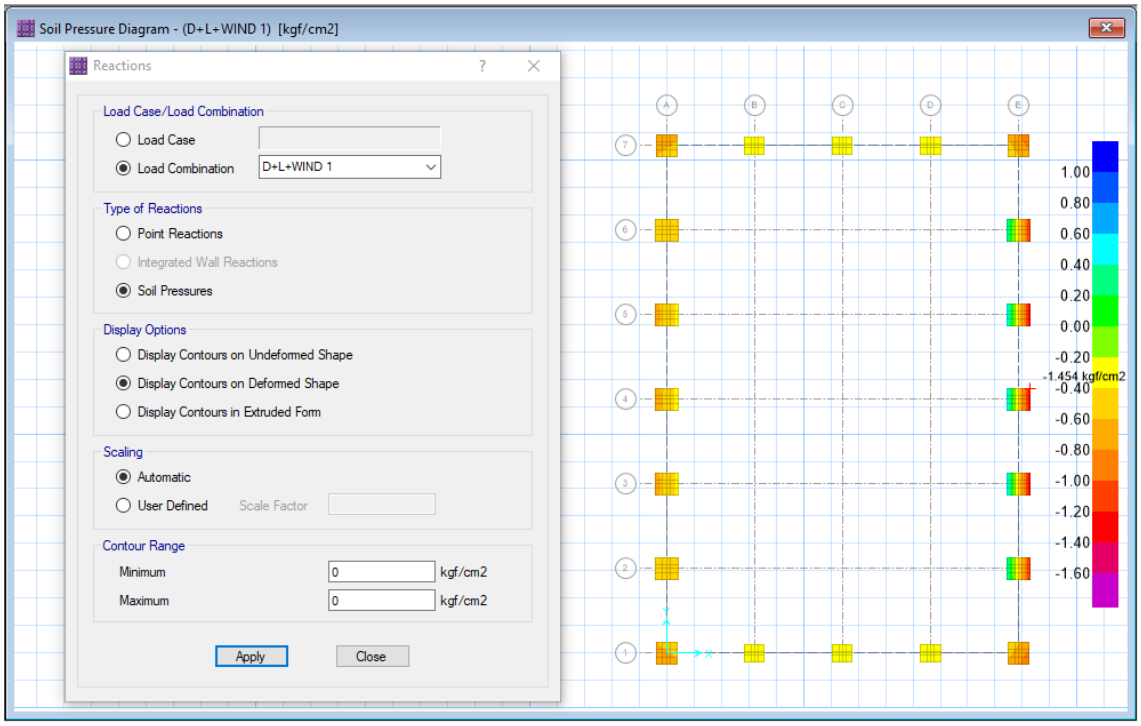
Presiones en el suelo debido a carga de servicio con sismo en Y:

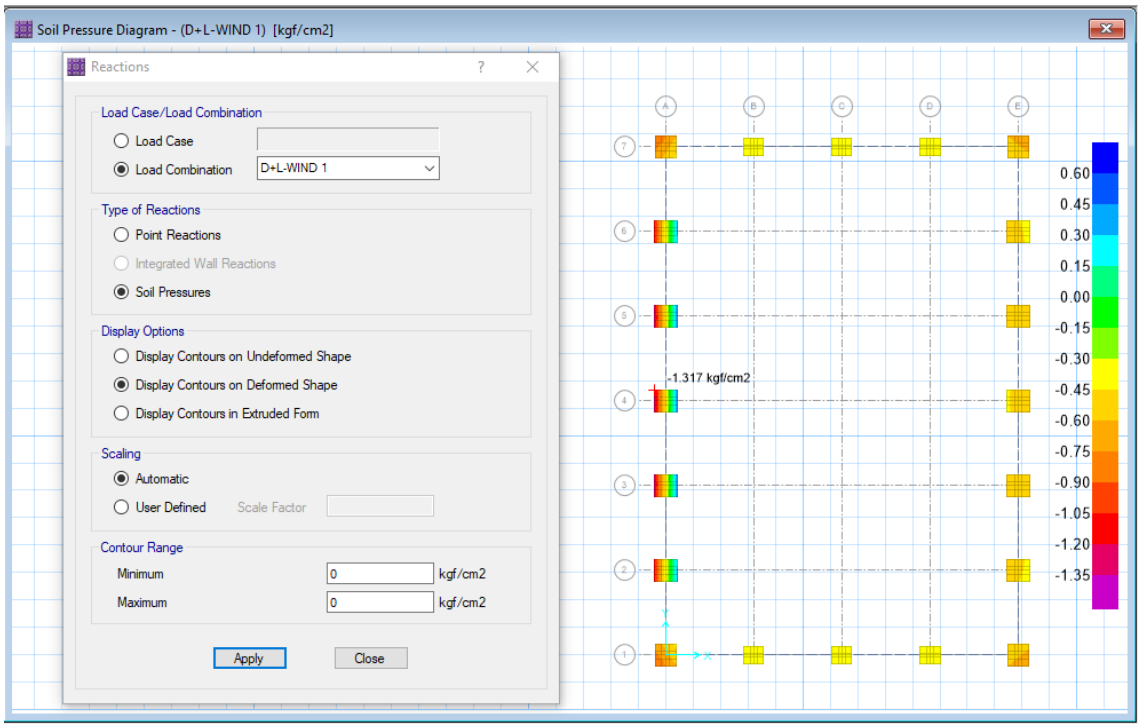


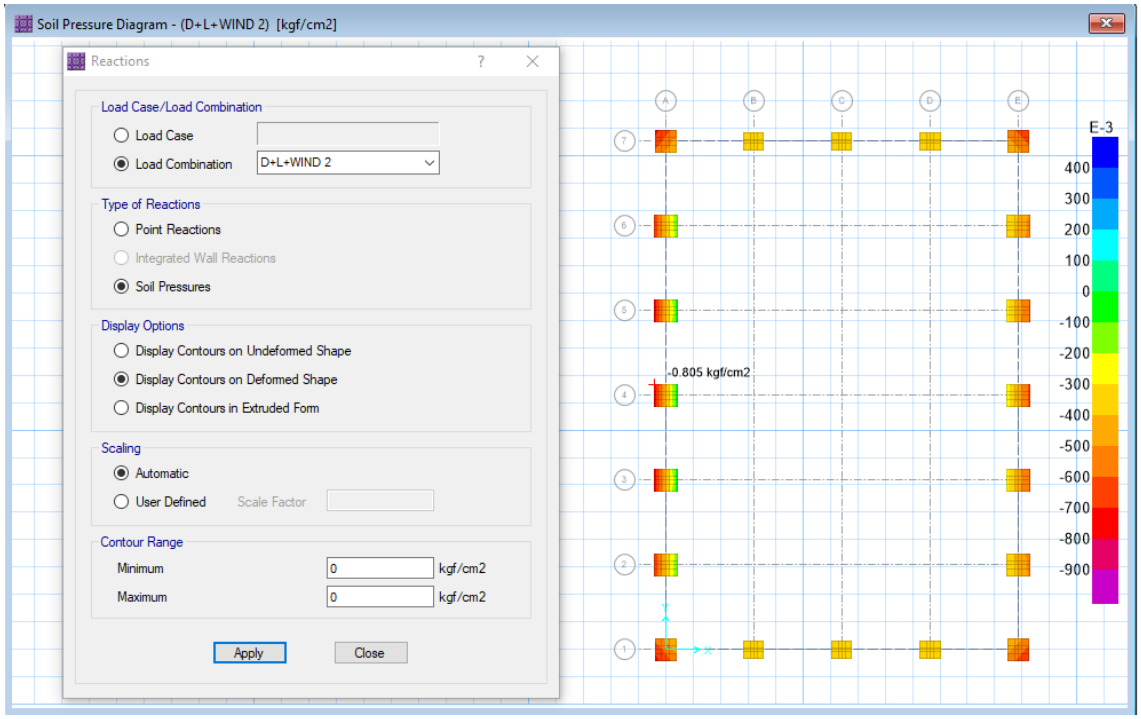


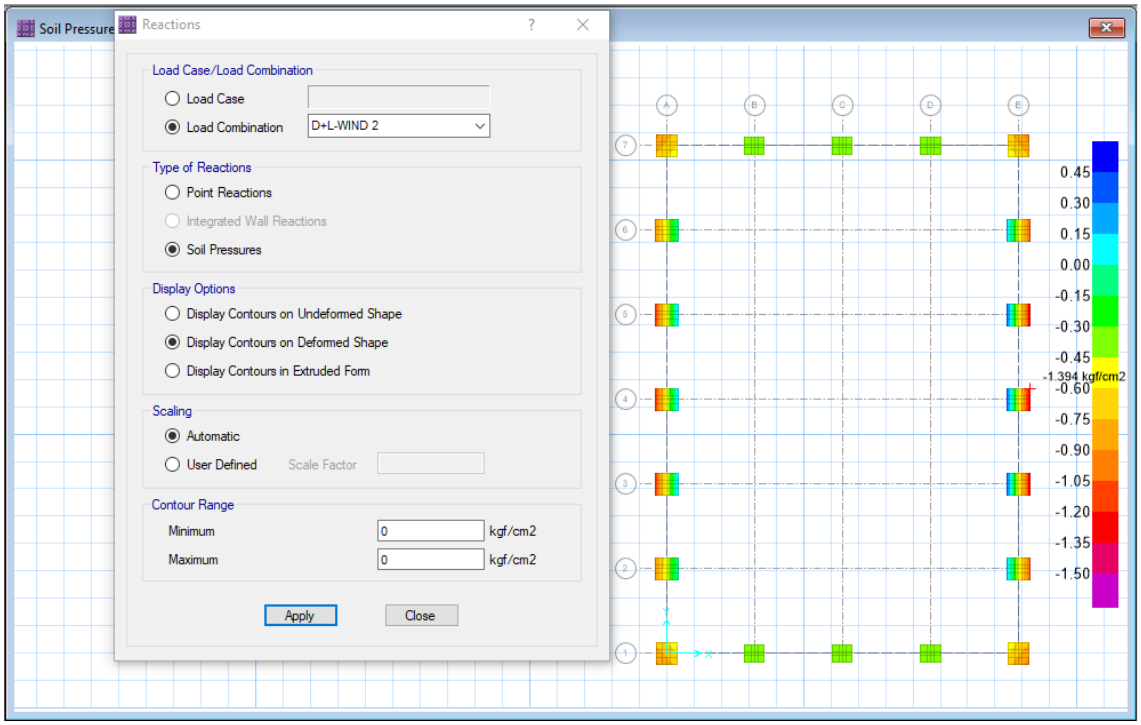
El valor de presión máxima por carga de servicio D+L±0.8SY es de 1.063 kg/cm^2 el cual es menor a la capacidad admisible incrementada al 30% de 1.911 kg/cm^2.

Presiones en el suelo debido a carga de servicio con Viento:


Soil Pressure Diagram - (D+L+WIND 1) [kgf/cm2]
Reactions
Load Case/Load Combination
Load Case
Load Combination
D+L+WIND 1
Type of Reactions
Point Reactions
Integrated Wall Reactions
Soil Pressures
Display Options
Display Contours on Undeformed Shape
Display Contours on Deformed Shape
Display Contours in Extruded Form
Scaling
Automatic
User Defined
Scale Factor
Contour Range
Minimum
0
kgf/cm2
Maximum
0
kgf/cm2
Apply
Close
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
-0.20
-1.454 kgf/cm2
-0.40
-0.60
-0.80
-1.00
-1.20
-1.40
-1.60

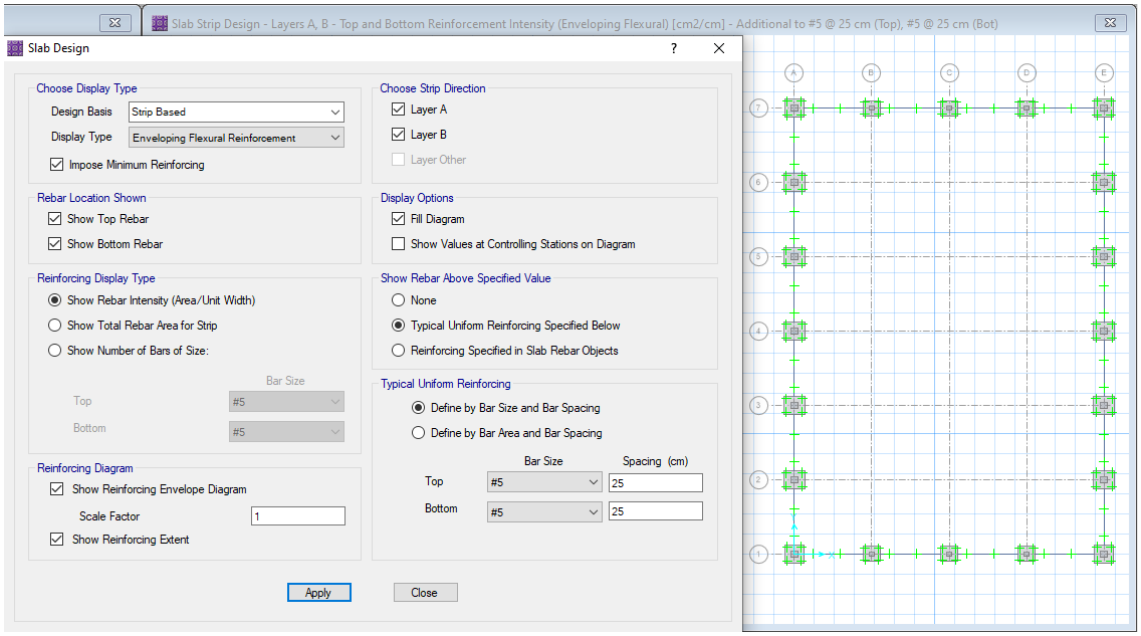

Soil Pressure Diagram - (D+L-WIND 1) [kgf/cm2]
Reactions
Load Case/Load Combination
Load Case
Load Combination
D+L-WIND 1
Type of Reactions
Point Reactions
Integrated Wall Reactions
Soil Pressures
Display Options
Display Contours on Undeformed Shape
Display Contours on Deformed Shape
Display Contours in Extruded Form
Scaling
Automatic
User Defined
Scale Factor
Contour Range
Minimum
0
kgf/cm2
Maximum
0
kgf/cm2
Apply
Close
0.60
0.45
0.30
0.15
0.00
-0.15
-0.30
-0.45
-0.60
-0.75
-0.90
-1.05
-1.20
-1.35
-1.317 kgf/cm2



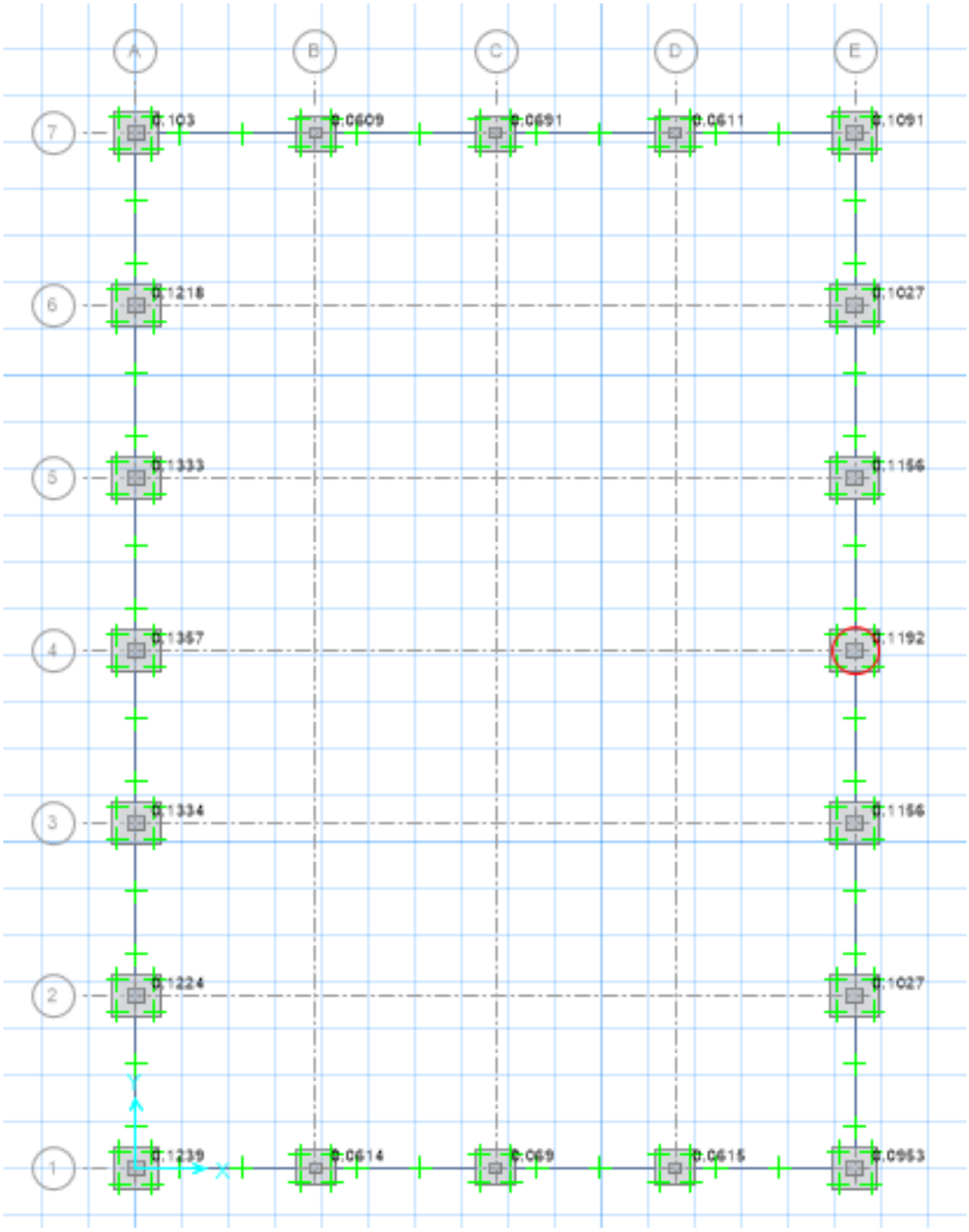


El valor de presión máxima por carga de servicio con viento es de 1.454 kg/cm^2 el cual es menor a la capacidad admisible incrementada al 30% de 1.911 kg/cm^2.

A continuación, se muestra el diseño de la cimentación:



Chequeo de punzonamiento:


A
B
C
D
E
7
6
5
4
3
2
1
C:103
C:C609
C:C691
C:C611
C:1091
C:1218
C:1027
C:1333
C:1156
C:1357
C:1192
C:1334
C:1156
C:1224
C:1027
C:1239
C:C614
C:C69
C:C615
C:953
Y
X

ZAPATA Z-1 (EJES 1 Y 7 CON EJE A Y EJE E - CONCÉNTRICA)

DATOS DE DISEÑO

Longitud de la Zapata	L = 1.35 m	Resistencia Compr. Conc.	f'_c = 210 kg/cm2
Ancho de la Zapata	B = 1.35 m	Módulo Elasticidad Conc.	E_c = 217371 kg/cm2
Espesor de la Zapata	t = 40 cm	Esfuerzo Fluencia Acero	f_y = 4200 kg/cm2
Recubrimiento	r = 8.0 cm	Módulo Elasticidad Acero	E_s = 2000000 kg/cm2
Peralte Efectivo	d = 32 cm	Factor de Conversión	β_1 = 0.85
Profundidad Cimentación	D_f = 1.50 m	Condición de la Zapata	Columna interna
Espesor de Solado	t' = 0.10 m	Diámetro varilla Columna	d_b = 3/4 ''

VERIFICACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA

Capacidad Portante Admisible	q_{adm} = 1.22 kg/cm2		
Peso Específico del Concreto	γ_c = 2.40 Tn/m3		
Peso Específico del Suelo	γ_s = 1.76 Tn/m3		
Capacidad Portante Efectiva	q_e = 9.24 Tn/m2		
Carga de Servicio	P = 8.54 Tn		
Momentos sin factores de amplificación	M_y = 0.13 Tn-m	M_x = 0.49 Tn-m	
Carga Última	P_u = 12.69 Tn		
Momentos últimos	M_{uy} = 0.12 Tn-m	M_{ux} = 0.68 Tn-m	
Excentricidades	e_1 = 0.02 m	e_2 = 0.06 m	
Dimensiones Mínimas	L > 0.09 m	B > 0.34 m	
Área de la Zapata Calculada	A = 0.92 m2	**Conforme**	
Presión sobre el terreno	q_1 = 4.50 Tn/m2	q_3 = 6.56 Tn/m2	
	q_2 = 6.29 Tn/m2	q_4 = 8.35 Tn/m2	
Condición de las presiones sobre terreno	σ_{crit} = 8.35 Tn/m2	**Conforme**	
Verificación de existencia de tracciones		**No hay tracciones. Conforme**	
Presiones de diseño	σ_1 = 6.49 Tn/m2	σ_3 = 9.51 Tn/m2	
	σ_2 = 9.11 Tn/m2	σ_4 = 12.15 Tn/m2	

VERIFICACIÓN POR CORTE

Factor de Reducción ϕ = 0.85

Verificación por Corte debido a la Flexión

Reacción del Suelo asumida para el diseño	q_u = 12.15 Tn/m2	
Fuerza Cortante Último de la Zapata	V_u = 1.72 Tn	
Fuerza Cortante que resiste el Concreto	V_c = 28.20 Tn	
Chequeo por cortante máximo	$V_u \leq V_c$	**Conforme**

Verificación por Corte debido al Punzonamiento

Medidas de la columna	b = 50 cm	t = 50 cm
Perímetro Punzonado	b_o = 328 cm	
Corte para Punzonamiento	V_u = 13.97 Tn	
Corte Resistente para Punzonamiento	V_c = 142.21 Tn	
Relación de Punzonamiento	V_u/V_c = 0.10	**Conforme**

DISEÑO POR FLEXIÓN

Factor de Reducción ϕ = 0.90

Momentos Últimos

Sentido Largo	M_u = 1.10 Tn-m
Sentido Corto	M_u = 1.10 Tn-m

Cálculo de Áreas de Acero

Sentido Largo	A_s = 0.91 cm2
Sentido Corto	A_s = 0.91 cm2

Cuantía mínima		ρ_{min} = 0.0024
Acero mínimo		As_{min} = 7.73 cm2
Cuantía Balanceada		ρ_b = 0.0213
Cuantía Máxima	75%	ρ_{max} = 0.0159
Momento Resistente Máximo		As_{max} = 51.00 cm2

Áreas de Acero de Diseño

Sentido Largo	A_s = 7.73 cm2
Sentido Corto	A_s = 7.73 cm2

Varillas de Refuerzo	Sentido Largo	**ϕ 5/8'' @ 25 cm**
	Sentido Corto	**ϕ 5/8'' @ 25 cm**

CÁLCULO DE LONGITUD DE DESARROLLO

Longitud de Desarrollo

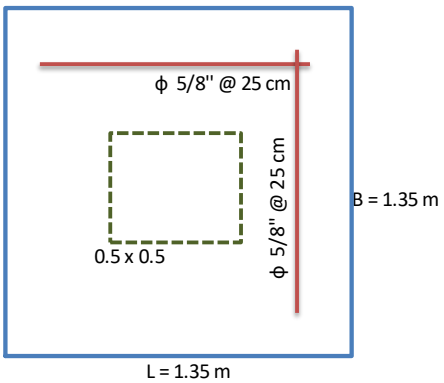
L { 34 cm; 40 cm; 30 cm } → L'_d = 40 cm

Verificación de uso de ganchos

Sentido Largo	L = 1.35 m	$L_{mín}$ = 1.30 m	No requiere gancho
Sentido Corto	B = 1.35 m	$B_{mín}$ = 1.30 m	No requiere gancho

Desarrollo del refuerzo en compresión de la columna	d_b = 1.91 cm	l_{db} = 44 cm
		$l_{db\ mín}$ = 32 cm

GEOMETRÍA DE LA ZAPATA



DISEÑO DE ZAPATA

ZAPATA Z-2 (EJE 4 CON EJE A Y EJE E - CONCÉNTRICA)

DATOS DE DISEÑO

Longitud de la Zapata	L = 1.50 m	Resistencia Compr. Conc.	f'_c = 210 kg/cm2
Ancho de la Zapata	B = 1.35 m	Módulo Elasticidad Conc.	E_c = 217371 kg/cm2
Espesor de la Zapata	t = 40 cm	Esfuerzo Fluencia Acero	f_y = 4200 kg/cm2
Recubrimiento	r = 8.0 cm	Módulo Elasticidad Acero	E_s = 2000000 kg/cm2
Peralte Efectivo	d = 32 cm	Factor de Conversión	β_1 = 0.85
Profundidad Cimentación	D_f = 1.50 m	Condición de la Zapata	Columna interna
Espesor de Solado	t' = 0.10 m	Diámetro varilla Columna	d_b = 3/4 ''

VERIFICACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA

Capacidad Portante Admisible	q_{adm} = 1.22 kg/cm2	
Peso Específico del Concreto	γ_c = 2.40 Tn/m3	
Peso Específico del Suelo	γ_s = 1.76 Tn/m3	
Capacidad Portante Efectiva	q_e = 9.24 Tn/m2	
Carga de Servicio	P = 6.91 Tn	
Momentos sin factores de amplificación	M_y = 3.12 Tn-m	M_x = 0.00 Tn-m
Carga Última	P_u = 10.15 Tn	
Momentos últimos	M_{uy} = 4.91 Tn-m	M_{ux} = 0.00 Tn-m
Excentricidades	e_1 = 0.45 m	e_2 = 0.00 m
Dimensiones Mínimas	L > 2.90 m	B > 0.00 m
Área de la Zapata Calculada	A = 0.75 m2	**Conforme**
Presión sobre el terreno	q_1 = 10.13 Tn/m2	q_3 = 0.38 Tn/m2
	q_2 = 10.13 Tn/m2	q_4 = 0.38 Tn/m2
Condición de las presiones sobre terreno	σ_{crit} = 10.13 Tn/m2	**Conforme**
Verificación de existencia de tracciones		**No hay tracciones. Conforme**
Presiones de diseño	σ_1 = 16.47 Tn/m2	σ_3 = 6.71 Tn/m2
	σ_2 = 16.47 Tn/m2	σ_4 = 6.71 Tn/m2

VERIFICACIÓN POR CORTE

Factor de Reducción ϕ = 0.85

Verificación por Corte debido a la Flexión

Reacción del Suelo asumida para el diseño	q_u = 16.47 Tn/m2
Fuerza Cortante Último de la Zapata	V_u = 4.00 Tn
Fuerza Cortante que resiste el Concreto	V_c = 28.20 Tn

Chequeo por cortante máximo $V_u \leq V_c$ **Conforme**

Verificación por Corte debido al Punzonamiento

Medidas de la columna	b = 50 cm	t = 50 cm	
Perímetro Punzonado	b_o = 328 cm		
Corte para Punzonamiento	V_u = 22.27 Tn		
Corte Resistente para Punzonamiento	V_c = 142.21 Tn		
Relación de Punzonamiento	V_u/V_c = 0.16	**Conforme**	

DISEÑO POR FLEXIÓN

Factor de Reducción ϕ = 0.90

Momentos Últimos

Sentido Largo	M_u = 2.06 Tn-m
Sentido Corto	M_u = 1.49 Tn-m

Cálculo de Áreas de Acero

Sentido Largo		A_s = 1.71 cm2
Sentido Corto		A_s = 1.24 cm2
Cuantía mínima		ρ_{min} = 0.0024
Acero mínimo		As_{min} = 7.73 cm2
Cuantía Balanceada		ρ_b = 0.0213
Cuantía Máxima	75%	ρ_{max} = 0.0159
Momento Resistente Máximo		As_{max} = 51.00 cm2

Áreas de Acero de Diseño

Sentido Largo	A_s = 7.73 cm2
Sentido Corto	A_s = 7.73 cm2

Varillas de Refuerzo	Sentido Largo	**ϕ 5/8'' @ 25 cm**
	Sentido Corto	**ϕ 5/8'' @ 25 cm**

CÁLCULO DE LONGITUD DE DESARROLLO

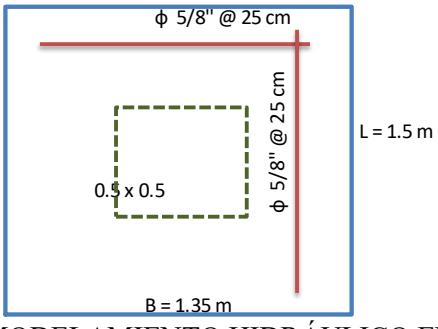
Longitud de Desarrollo — L: 34 cm; 40 cm; 30 cm — L'_d = 40 cm

Verificación de uso de ganchos

Sentido Largo	L = 1.50 m	$L_{mín}$ = 1.30 m	No requiere gancho
Sentido Corto	B = 1.35 m	$B_{mín}$ = 1.30 m	No requiere gancho

Desarrollo del refuerzo en compresión de la columna	d_b = 1.91 cm	l_{db} = 44 cm
		$l_{db\ mín}$ = 32 cm

GEOMETRÍA DE LA ZAPATA



DISEÑO DE ZAPATA

ZAPATA Z-3 (EJES 1 y 7 CON EJE B,C Y D - CONCÉNTRICA)

DATOS DE DISEÑO

Longitud de la Zapata	L = 1.25 m	Resistencia Compr. Conc.	f'_c = 210 kg/cm2
Ancho de la Zapata	B = 1.10 m	Módulo Elasticidad Conc.	E_c = 217371 kg/cm2
Espesor de la Zapata	t = 40 cm	Esfuerzo Fluencia Acero	f_y = 4200 kg/cm2
Recubrimiento	r = 8.0 cm	Módulo Elasticidad Acero	E_s = 2000000 kg/cm2
Peralte Efectivo	d = 32 cm	Factor de Conversión	β_1 = 0.85
Profundidad Cimentación	D_f = 1.50 m	Condición de la Zapata	Columna interna
Espesor de Solado	t' = 0.10 m	Diámetro varilla Columna	d_b = 5/8 ''

VERIFICACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA

Capacidad Portante Admisible	q_{adm} = 1.22 kg/cm2	
Peso Específico del Concreto	γ_c = 2.40 Tn/m3	
Peso Específico del Suelo	γ_s = 1.76 Tn/m3	
Capacidad Portante Efectiva	q_e = 9.24 Tn/m2	
Carga de Servicio	P = 2.56 Tn	
Momentos sin factores de amplificación	M_y = 0.02 Tn-m	M_x = 0.00 Tn-m
Carga Última	P_u = 3.58 Tn	
Momentos últimos	M_{uy} = 0.03 Tn-m	M_{ux} = 0.01 Tn-m
Excentricidades	e_1 = 0.01 m	e_2 = 0.00 m
Dimensiones Mínimas	L > 0.05 m	B > 0.01 m
Área de la Zapata Calculada	A = 0.28 m2	**Conforme**
Presión sobre el terreno	q_1 = 3.30 Tn/m2	q_3 = 3.25 Tn/m2
	q_2 = 3.30 Tn/m2	q_4 = 3.25 Tn/m2
Condición de las presiones sobre terreno	σ_{crit} = 3.30 Tn/m2	**Conforme**
Verificación de existencia de tracciones		**No hay tracciones. Conforme**
Presiones de diseño	σ_1 = 6.37 Tn/m2	σ_3 = 6.30 Tn/m2
	σ_2 = 6.37 Tn/m2	σ_4 = 6.30 Tn/m2

VERIFICACIÓN POR CORTE

Factor de Reducción ϕ = 0.85

Verificación por Corte debido a la Flexión

Reacción del Suelo asumida para el diseño	q_u = 6.37 Tn/m2
Fuerza Cortante Último de la Zapata	V_u = 0.74 Tn
Fuerza Cortante que resiste el Concreto	V_c = 22.98 Tn

Chequeo por cortante máximo $V_u \leq V_c$ **Conforme**

Verificación por Corte debido al Punzonamiento

Medidas de la columna	b = 40 cm	t = 25 cm
Perímetro Punzonado	b_o = 258 cm	
Corte para Punzonamiento	V_u = 6.14 Tn	
Corte Resistente para Punzonamiento	V_c = 111.86 Tn	
Relación de Punzonamiento	V_u/V_c = 0.05	**Conforme**

DISEÑO POR FLEXIÓN

Factor de Reducción ϕ = 0.90

Momentos Últimos

Sentido Largo	M_u = 0.58 Tn-m
Sentido Corto	M_u = 0.58 Tn-m

Cálculo de Áreas de Acero

Sentido Largo	A_s = 0.48 cm2
Sentido Corto	A_s = 0.48 cm2

Cuantía mínima		ρ_{min} = 0.0024
Acero mínimo		As_{min} = 7.73 cm2
Cuantía Balanceada		ρ_b = 0.0213
Cuantía Máxima	75%	ρ_{max} = 0.0159
Momento Resistente Máximo		As_{max} = 51.00 cm2

Áreas de Acero de Diseño

Sentido Largo	A_s = 7.73 cm2
Sentido Corto	A_s = 7.73 cm2

Varillas de Refuerzo	Sentido Largo	**ϕ 5/8'' @ 25 cm**
	Sentido Corto	**ϕ 5/8'' @ 25 cm**

CÁLCULO DE LONGITUD DE DESARROLLO

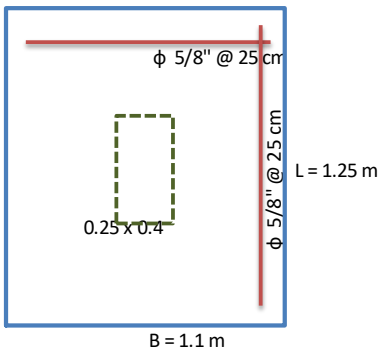
Longitud de Desarrollo: L = 34 cm, 40 cm, 30 cm → L'_d = 40 cm

Verificación de uso de ganchos

Sentido Largo	L = 1.25 m	$L_{mín}$ = 1.20 m	No requiere gancho
Sentido Corto	B = 1.10 m	$B_{mín}$ = 1.05 m	No requiere gancho

Desarrollo del refuerzo en compresión de la columna	d_b = 1.59 cm	l_{db} = 37 cm
		$l_{db\,mín}$ = 27 cm
Peralte necesario para permitir desarrollo del refuerzo en compresión de la columna		t = 45 cm

GEOMETRÍA DE LA ZAPATA



6.4.2. VIGAS DE CONEXIÓN

Se emplearán vigas de conexión para evitar asentamientos diferenciales, para lo cual debe tener una sección considerable según el siguiente pre-dimensionamiento:

$$h = \frac{L}{8} \qquad\qquad b = \frac{P}{24L}$$

Donde:

b: Ancho de viga
h: Peralte de viga
L: longitud de la luz libre
P: carga de servicio

El diseño de las vigas de conexión se realizó por el método de Resistencia última, siguiendo las fórmulas recomendadas por la Norma E.060.

El cálculo de la cuantía y acero mínimo se determinó con las siguientes expresiones:

Cuantía balanceada:

$$\rho_b = 0.85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

Cuantía máxima:

$$\rho_{\max} \leq 0.75 \rho_b$$

Acero mínimo:

$$As_{\min} = \frac{0.7 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d}{f_y}$$

Para el cálculo del área de acero se tienen las siguientes expresiones:

$$As = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)} \qquad\qquad a = \frac{As \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

Dónde:

ρ_b: Cuantía balanceada
f'_c: Resistencia a la compresión del concreto
f_y: Resistencia a la fluencia del acero
$\rho_{máx}$: Cuantía máxima
b: Ancho de viga
d: Peralte efectivo
A_s: Área de acero
M_u: Momento Último
a: Profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos

φ: Factor de reducción para elementos en flexión
Para el cálculo del área de acero por cortante usará las siguientes fórmulas:

Cortante máxima que soporta la sección:

$$V = \phi \cdot 2.1 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Cortante resistido por el concreto:

$$V_c = \phi \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Cortante remanente resistido por los estribos:

$$V_s = V_u - V_c$$

Espaciamiento de estribos:

$$s = \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Espaciamiento máximo:

$$V_s \leq \phi \cdot 1.1 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \Rightarrow s_{\max} \begin{cases} d/2 \\ 60\,\text{cm} \end{cases} \qquad V_s > \phi \cdot 1.1 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \Rightarrow s_{\max} \begin{cases} d/4 \\ 30\,\text{cm} \end{cases}$$

Requerimiento sísmico para estribaje de vigas según la norma E-060.

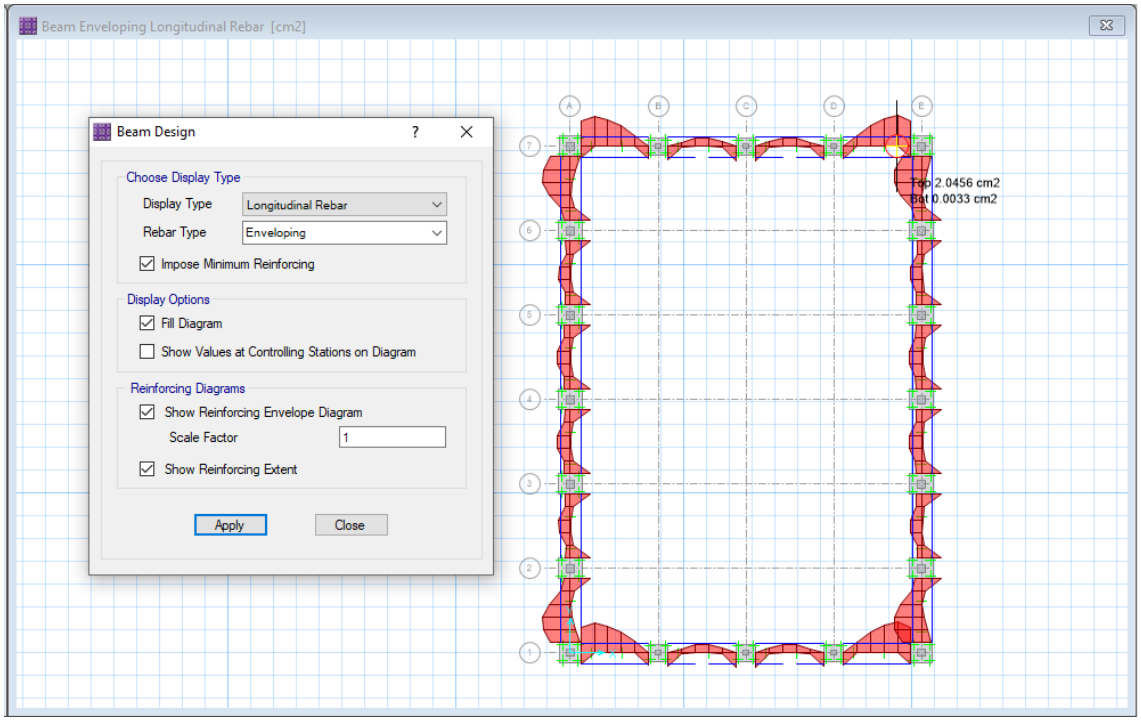
1) En zonas sísmicas los estribos serán por lo menos de 8mm para aceros principales de hasta 5/8” y de 3/8” como mínimo para aceros principales de hasta 1” de diámetro y de 1/2” para aceros principales mayores a 1”.
2) El espaciamiento de los estribos por fórmula y por máximos en zonas sísmicas debe cumplirse con los requisitos mínimos que se dan a continuación.

$$s_o \begin{cases} d/4 \\ 8d_v \\ 24d_{es} \\ 30\,\text{cm} \end{cases} \qquad s \begin{cases} d/2 \\ 30\,\text{cm} \end{cases}$$

Donde:

d: peralte efectivo de la viga
dv: diámetro de la varilla del acero principal
des: diámetro de la varilla del estribo
so: espaciamiento en la zona de confinamiento
s: espaciamiento en la zona central

A continuación, se muestra el diseño de las vigas de conexión:



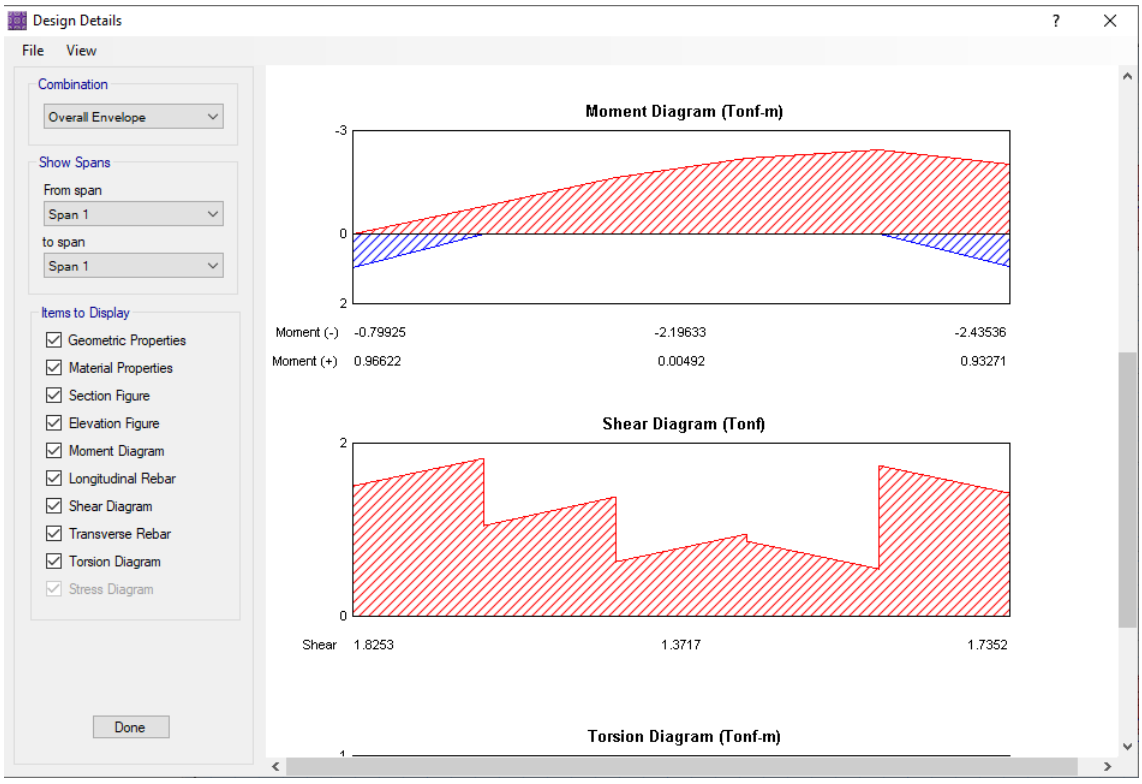


TABLE: Concrete Beam Design 01 - Flexural And Shear Data											
Line	BeamProp	Location	Ftop Moment	Ftop Area	Ftop AMin	Fbot Moment	Fbot Area	Fbot AMin	VForce	VArea	Status
Text	Text	m	Tonf-m	m2	m2	Tonf-m	m2	m2	Tonf	m2/m	Text
1	VIG 25x50 cm	0	-1.5557	0.000098	0.000131	0.75918	0.000048	0.000063	1.3175	0	OK
1	VIG 25x50 cm	0.81	-2.11868	0.000134	0.000178	0.44558	0.000028	0.000037	1.6212	0	OK
1	VIG 25x50 cm	1.62	-2.15765	0.000136	0.000182	0.17694	0.000011	0.000015	0.9316	0	OK

1	VIG 25x50 cm	2.43	-1.70283	0.000107	0.000143	0.05862	0	0.000004867	1.5991	0	OK
1	VIG 25x50 cm	3.24	-0.79306	0.00005	0.000066	0.28186	0.000018	0.000023	2.3666	0	OK
1	VIG 25x50 cm	4.05	-0.51067	0.000032	0.000043	1.54444	0.000097	0.00013	2.038	0	OK
2	VIG 25x50 cm	0	-2.00642	0.000127	0.000169	0.92562	0.000058	0.000077	1.4893	0	OK
2	VIG 25x50 cm	0.865	-2.35285	0.000149	0.000199	0.00424	0	0.000000352	1.8137	0	OK
2	VIG 25x50 cm	1.73	-2.09835	0.000133	0.000177	0.00503	0	4.172E-07	0.9348	0	OK
2	VIG 25x50 cm	2.595	-1.61644	0.000102	0.000136	0.00452	0	3.752E-07	1.3481	0	OK
2	VIG 25x50 cm	3.46	-0.86881	0.000054	0.000073	0.00346	0	2.873E-07	1.7984	0	OK
2	VIG 25x50 cm	4.325	-0.0023	0	1.907E-07	1.01101	0.000063	0.000085	1.474	0	OK
3	VIG 25x50 cm	0	-0.00175	0	1.453E-07	1.07445	0.000067	0.00009	1.0552	0	OK
3	VIG 25x50 cm	0.875	-0.30134	0.000019	0.000025	0.07283	0	0.000006048	1.3834	0	OK
3	VIG 25x50 cm	1.75	-0.65432	0.000041	0.000055	0	0	0	0.8152	0	OK
3	VIG 25x50 cm	2.625	-0.682	0.000043	0.000057	0	0	0	0.8053	0	OK
3	VIG 25x50 cm	3.5	-0.36585	0.000023	0.00003	0.10743	0.000006692	0.000008923	1.3722	0	OK
3	VIG 25x50 cm	4.375	0	0	0	1.13458	0.000071	0.000095	1.0441	0	OK
4	VIG 25x50 cm	0	0	0	0	1.14331	0.000072	0.000096	1.0474	0	OK
4	VIG 25x50 cm	0.875	-0.37031	0.000023	0.000031	0.11302	0.000007041	0.000009388	1.3755	0	OK
4	VIG 25x50 cm	1.75	-0.68312	0.000043	0.000057	0	0	0	0.8097	0	OK
4	VIG 25x50 cm	2.625	-0.65393	0.000041	0.000055	0	0	0	0.8243	0	OK
4	VIG 25x50 cm	3.5	-0.31304	0.00002	0.000026	0.08478	0	0.00000704	1.3963	0	OK
4	VIG 25x50 cm	4.375	0	0	0	1.09792	0.000069	0.000092	1.0681	0	OK
5	VIG 25x50 cm	0	-0.00328	0	2.721E-07	0.96621	0.000061	0.000081	1.501	0	OK
5	VIG 25x50 cm	0.865	-0.79927	0.00005	0.000067	0.00402	0	3.338E-07	1.8253	0	OK
5	VIG 25x50 cm	1.73	-1.61757	0.000102	0.000136	0.00473	0	3.923E-07	1.3717	0	OK
5	VIG 25x50 cm	2.595	-2.19639	0.000139	0.000185	0.00493	0	4.089E-07	0.9457	0	OK
5	VIG 25x50 cm	3.46	-2.43545	0.000154	0.000206	0.00386	0	3.202E-07	1.7352	0	OK
5	VIG 25x50 cm	4.325	-2.0287	0.000128	0.000171	0.9327	0.000058	0.000078	1.4108	0	OK
6	VIG 25x50 cm	0	-1.55579	0.000098	0.000131	0.7592	0.000048	0.000063	1.3178	0	OK
6	VIG 25x50 cm	0.81	-2.11906	0.000134	0.000179	0.44561	0.000028	0.000037	1.6216	0	OK
6	VIG 25x50 cm	1.62	-2.15816	0.000136	0.000182	0.17697	0.000011	0.000015	0.9316	0	OK
6	VIG 25x50 cm	2.43	-1.70336	0.000107	0.000143	0.0586	0	0.000004866	1.5991	0	OK
6	VIG 25x50 cm	3.24	-0.7935	0.00005	0.000066	0.28185	0.000018	0.000023	2.3666	0	OK
6	VIG 25x50 cm	4.05	-0.51067	0.000032	0.000043	1.54396	0.000097	0.00013	2.038	0	OK
7	VIG 25x50 cm	0	-0.37981	0.000024	0.000032	1.58722	0.0001	0.000133	1.7082	0	OK
7	VIG 25x50 cm	0.81	-0.3324	0.000021	0.000028	0.21252	0.000013	0.000018	2.0484	0	OK
7	VIG 25x50 cm	1.62	-0.90247	0.000057	0.000075	0.05897	0	0.000004896	1.1574	0	OK
7	VIG 25x50 cm	2.43	-0.92371	0.000058	0.000077	0.09019	0.000005617	0.00000749	1.1175	0	OK
7	VIG 25x50 cm	3.24	-0.42474	0.000027	0.000035	0.24719	0.000015	0.000021	2.0466	0	OK
7	VIG 25x50 cm	4.05	-0.41983	0.000026	0.000035	1.55846	0.000098	0.000131	1.7064	0	OK
8	VIG 25x50 cm	0	-0.37988	0.000024	0.000032	1.58708	0.0001	0.000133	1.708	0	OK
8	VIG 25x50 cm	0.81	-0.33251	0.000021	0.000028	0.21256	0.000013	0.000018	2.0482	0	OK
8	VIG 25x50 cm	1.62	-0.90246	0.000057	0.000075	0.05898	0	0.000004897	1.1574	0	OK
8	VIG 25x50 cm	2.43	-0.92366	0.000058	0.000077	0.0902	0.000005618	0.00000749	1.1175	0	OK
8	VIG 25x50 cm	3.24	-0.42473	0.000027	0.000035	0.24722	0.000015	0.000021	2.0466	0	OK
8	VIG 25x50 cm	4.05	-0.41988	0.000026	0.000035	1.55854	0.000098	0.000131	1.7064	0	OK
9	VIG 25x50 cm	0	-0.45486	0.000028	0.000038	1.57719	0.000099	0.000132	1.7583	0	OK
9	VIG 25x50 cm	0.81	-0.48425	0.00003	0.00004	0.25708	0.000016	0.000021	2.0945	0	OK
9	VIG 25x50 cm	1.62	-1.01622	0.000064	0.000085	0.08147	0	0.000006765	1.1765	0	OK
9	VIG 25x50 cm	2.43	-1.01475	0.000064	0.000085	0.08168	0	0.000006783	1.168	0	OK
9	VIG 25x50 cm	3.24	-0.46748	0.000029	0.000039	0.24617	0.000015	0.00002	2.1039	0	OK
9	VIG 25x50 cm	4.05	-0.42174	0.000026	0.000035	1.55686	0.000098	0.000131	1.7638	0	OK
10	VIG 25x50 cm	0	-0.45486	0.000028	0.000038	1.57721	0.000099	0.000132	1.7583	0	OK
10	VIG 25x50 cm	0.81	-0.48423	0.00003	0.00004	0.25708	0.000016	0.000021	2.0945	0	OK
10	VIG 25x50 cm	1.62	-1.01619	0.000064	0.000085	0.08147	0	0.000006766	1.1765	0	OK

10	VIG 25x50 cm	2.43	-1.01473	0.000064	0.000085	0.08169	0	0.000006784	1.168	0	OK
10	VIG 25x50 cm	3.24	-0.46749	0.000029	0.000039	0.24619	0.000015	0.00002	2.1039	0	OK
10	VIG 25x50 cm	4.05	-0.42177	0.000026	0.000035	1.55687	0.000098	0.000131	1.7637	0	OK
11	VIG 25x50 cm	0	-0.4568	0.000029	0.000038	1.59193	0.0001	0.000134	1.7664	0	OK
11	VIG 25x50 cm	0.81	-0.4807	0.00003	0.00004	0.2594	0.000016	0.000022	2.1039	0	OK
11	VIG 25x50 cm	1.62	-1.01474	0.000064	0.000085	0.08132	0	0.000006753	1.1848	0	OK
11	VIG 25x50 cm	2.43	-1.01622	0.000064	0.000085	0.08931	0.000005563	0.000007417	1.1808	0	OK
11	VIG 25x50 cm	3.24	-0.49561	0.000031	0.000041	0.26842	0.000017	0.000022	2.0944	0	OK
11	VIG 25x50 cm	4.05	-0.46747	0.000029	0.000039	1.58974	0.0001	0.000133	1.7599	0	OK
12	VIG 25x50 cm	0	-0.45682	0.000029	0.000038	1.59192	0.0001	0.000134	1.7664	0	OK
12	VIG 25x50 cm	0.81	-0.48072	0.00003	0.00004	0.25942	0.000016	0.000022	2.1039	0	OK
12	VIG 25x50 cm	1.62	-1.01473	0.000064	0.000085	0.08133	0	0.000006754	1.1848	0	OK
12	VIG 25x50 cm	2.43	-1.01619	0.000064	0.000085	0.08931	0.000005563	0.000007417	1.1809	0	OK
12	VIG 25x50 cm	3.24	-0.49556	0.000031	0.000041	0.26842	0.000017	0.000022	2.0945	0	OK
12	VIG 25x50 cm	4.05	-0.46747	0.000029	0.000039	1.58982	0.0001	0.000133	1.7599	0	OK
13	VIG 25x50 cm	0	-0.41107	0.000026	0.000034	1.54967	0.000098	0.00013	1.7064	0	OK
13	VIG 25x50 cm	0.81	-0.41903	0.000026	0.000035	0.24147	0.000015	0.00002	2.0466	0	OK
13	VIG 25x50 cm	1.62	-0.9237	0.000058	0.000077	0.08695	0.000005416	0.000007221	1.1144	0	OK
13	VIG 25x50 cm	2.43	-0.90246	0.000057	0.000075	0.06031	0	0.000005008	1.1557	0	OK
13	VIG 25x50 cm	3.24	-0.33237	0.000021	0.000028	0.21251	0.000013	0.000018	2.0484	0	OK
13	VIG 25x50 cm	4.05	-0.37881	0.000024	0.000032	1.58622	0.0001	0.000133	1.7082	0	OK
14	VIG 25x50 cm	0	-0.41113	0.000026	0.000034	1.54978	0.000098	0.00013	1.7064	0	OK
14	VIG 25x50 cm	0.81	-0.41901	0.000026	0.000035	0.24149	0.000015	0.00002	2.0466	0	OK
14	VIG 25x50 cm	1.62	-0.92366	0.000058	0.000077	0.08696	0.000005416	0.000007222	1.1144	0	OK
14	VIG 25x50 cm	2.43	-0.90246	0.000057	0.000075	0.06032	0	0.000005009	1.1557	0	OK
14	VIG 25x50 cm	3.24	-0.33249	0.000021	0.000028	0.21254	0.000013	0.000018	2.0482	0	OK
14	VIG 25x50 cm	4.05	-0.37888	0.000024	0.000032	1.58608	0.0001	0.000133	1.708	0	OK
15	VIG 25x50 cm	0	-0.51184	0.000032	0.000043	1.54561	0.000097	0.00013	2.0384	0	OK
15	VIG 25x50 cm	0.81	-0.79389	0.00005	0.000066	0.28269	0.000018	0.000024	2.3666	0	OK
15	VIG 25x50 cm	1.62	-1.70284	0.000107	0.000143	0.05915	0	0.000004912	1.5994	0	OK
15	VIG 25x50 cm	2.43	-2.15767	0.000136	0.000182	0.17664	0.000011	0.000015	0.9319	0	OK
15	VIG 25x50 cm	3.24	-2.11857	0.000134	0.000178	0.44544	0.000028	0.000037	1.6214	0	OK
15	VIG 25x50 cm	4.05	-1.55569	0.000098	0.000131	0.75915	0.000048	0.000063	1.3176	0	OK
16	VIG 25x50 cm	0	-0.51183	0.000032	0.000043	1.54513	0.000097	0.00013	2.0384	0	OK
16	VIG 25x50 cm	0.81	-0.79433	0.00005	0.000066	0.28268	0.000018	0.000024	2.3666	0	OK
16	VIG 25x50 cm	1.62	-1.70335	0.000107	0.000143	0.05914	0	0.00000491	1.5994	0	OK
16	VIG 25x50 cm	2.43	-2.15815	0.000136	0.000182	0.17667	0.000011	0.000015	0.9318	0	OK
16	VIG 25x50 cm	3.24	-2.1189	0.000134	0.000179	0.44547	0.000028	0.000037	1.6217	0	OK
16	VIG 25x50 cm	4.05	-1.55575	0.000098	0.000131	0.75918	0.000048	0.000063	1.318	0	OK
18	VIG 25x50 cm	0	-2.00621	0.000127	0.000169	0.92565	0.000058	0.000077	1.4894	0	OK
18	VIG 25x50 cm	0.865	-2.35274	0.000149	0.000199	0.00424	0	3.523E-07	1.8137	0	OK
18	VIG 25x50 cm	1.73	-2.09831	0.000133	0.000177	0.00502	0	4.168E-07	0.9347	0	OK
18	VIG 25x50 cm	2.595	-1.61646	0.000102	0.000136	0.00451	0	3.746E-07	1.348	0	OK
18	VIG 25x50 cm	3.46	-0.86886	0.000054	0.000073	0.00345	0	2.866E-07	1.7984	0	OK
18	VIG 25x50 cm	4.325	-0.00229	0	1.901E-07	1.01094	0.000063	0.000084	1.474	0	OK
19	VIG 25x50 cm	0	-0.00175	0	1.449E-07	1.07449	0.000067	0.00009	1.0552	0	OK
19	VIG 25x50 cm	0.875	-0.30133	0.000019	0.000025	0.07284	0	0.000006049	1.3834	0	OK
19	VIG 25x50 cm	1.75	-0.65431	0.000041	0.000055	0	0	0	0.8152	0	OK
19	VIG 25x50 cm	2.625	-0.682	0.000043	0.000057	0	0	0	0.8053	0	OK
19	VIG 25x50 cm	3.5	-0.36587	0.000023	0.00003	0.10743	0.000006692	0.000008923	1.3722	0	OK
19	VIG 25x50 cm	4.375	0	0	0	1.13455	0.000071	0.000095	1.0441	0	OK
20	VIG 25x50 cm	0	0	0	0	1.14336	0.000072	0.000096	1.0474	0	OK
20	VIG 25x50 cm	0.875	-0.37027	0.000023	0.000031	0.11303	0.000007041	0.000009388	1.3755	0	OK
20	VIG 25x50 cm	1.75	-0.68311	0.000043	0.000057	0	0	0	0.8097	0	OK

20	VIG 25x50 cm	2.625	-0.65395	0.000041	0.000055	0	0	0	0.8243	0	OK
20	VIG 25x50 cm	3.5	-0.31309	0.00002	0.000026	0.08476	0	0.000007039	1.3962	0	OK
20	VIG 25x50 cm	4.375	0	0	0	1.09781	0.000069	0.000092	1.0681	0	OK
21	VIG 25x50 cm	0	-0.00327	0	2.714E-07	0.96622	0.000061	0.000081	1.501	0	OK
21	VIG 25x50 cm	0.865	-0.79925	0.00005	0.000067	0.00401	0	0.000000333	1.8253	0	OK
21	VIG 25x50 cm	1.73	-1.61753	0.000102	0.000136	0.00472	0	3.916E-07	1.3717	0	OK
21	VIG 25x50 cm	2.595	-2.19633	0.000139	0.000185	0.00492	0	4.085E-07	0.9456	0	OK
21	VIG 25x50 cm	3.46	-2.43536	0.000154	0.000206	0.00386	0	3.205E-07	1.7352	0	OK
21	VIG 25x50 cm	4.325	-2.02857	0.000128	0.000171	0.93271	0.000058	0.000078	1.4109	0	OK

DISEÑO DE VIGAS DE CONEXION

VIGA VC-01

DATOS DE DISEÑO

Base de la Viga	b = 25 cm	Resistencia Compr. Conc.	f'_c = 210 kg/cm2
Peralte de la Viga	h = 50 cm	Módulo Elasticidad Conc.	E_c = 217371 kg/cm2
Recubrimiento Inferior	r = 5 cm	Esfuerzo Fluencia Acero	f_y = 4200 kg/cm2
Recubrimiento Superior	d' = 5 cm	Módulo Elasticidad Acero	E_s = 2000000 kg/cm2
Luz Libre de la Viga	L_n = 5.18 m	Factor de Conversión	β_1 = 0.85
Peralte Efectivo	d = 45 cm	Esf. Fluencia Ac. Estribos	f_{yt} = 4200 kg/cm2

DISEÑO POR FLEXIÓN

Factor de Reducción ϕ = 0.90

Momentos Últimos

Superior	M_u = 2.20 Tn-m
Inferior	M_u = 0.97 Tn-m

Cálculo de Áreas de Acero

Superior	A_s = 1.31 cm2
Inferior	A_s = 0.57 cm2

Cuantía mínima		ρ_{min} = 0.0024
Acero mínimo		As_{min} = 2.72 cm2
Cuantía Balanceada		ρ_b = 0.0213
Cuantía Máxima	75%	ρ_{max} = 0.0159
Momento Resistente Máximo		As_{max} = 17.93 cm2

Áreas de Acero de Diseño

Superior	A_s = 2.72 cm2
Inferior	A_s = 2.72 cm2

Varillas de Refuerzo

Superior	**3 ϕ 1/2''**
Inferior	**3 ϕ 1/2''**

DISEÑO POR CORTE

Factor de Reducción	ϕ = 0.85
Diámetro del Estribo	d_{est} = 3/8''
Número de ramales	n = 2

Fuerza Cortante Último de la Viga	V_u = 1.83 Tn
Fuerza Cortante que resiste el Concreto	V_c = 7.34 Tn
Fuerza Cortante remanente del Acero	V_s = 0.00 Tn
Fuerza Cortante Máxima	V_{max} = 29.10 Tn
Fuerza Cortante para espaciamiento máximo	V = 15.24 Tn

Chequeo por cortante máximo $V_u \leq V_{max}$ **Conforme**

Cálculo del espaciamiento de estribos

Área del Estribo	Av = 1.43 cm2
Espaciamiento entre estribos	s = 22.5 cm

Cálculo del espaciamiento máximo s_{max} = 22.5 cm

$$s_{max} = \begin{cases} 22.5 \text{ cm} \\ 60 \text{ cm} \end{cases}$$

Consideraciones Sísmicas s_o = 10.2 cm

s = 22.5 cm

$$s_o = \begin{cases} 11.3 \text{ cm} \\ 10.2 \text{ cm} \\ 22.8 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{cases} \qquad s = \begin{cases} 22.5 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{cases}$$

Usar Estribos de 3/8'': 1 @ 5 cm, 10 @ 10 cm, Resto @ 20 cm

ANEXO 3.3:
DISEÑO DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: SISTEMA DE CIRCULACION DE AGUA 3

1.1. Diseño de cisterna 3

1.1.1. Dimensionado del tanque cisterna 4

1.1.2. Método de diseño 6

1.1.3. Cargas actuantes 7

1.1.4. Coeficiente de balasto 8

1.1.5. Combinaciones de carga 9

1.1.6. Diseño de la losa de fondo y de tapa 10

1.1.7. Paredes del tanque (L=5m) 12

1.1.8. Paredes del tanque (A=4m) 13

1.1.9. Control de esfuerzos de corte 14

1.2. Cuarto de maquinas 16

1.2.1. Sistema de bombeo 16

Índice de tablas

Tabla 1 *Parámetros de diseño de Tanque Cisterna* 7
Tabla 2 *Potencia y Diámetros de Tubería de Descarga* 20

Índice de figuras

Figura 1 *Vista Lateral del Tanque Cisterna* 6
Figura 2 *Presiones del suelo en X, Y* 8
Figura 3 *Armadura Longitudinal en cara superior (Losa de fondo y de tapa)* 10
Figura 4 *Armadura Longitudinal en cara inferior (Losa de fondo y de tapa)* 11
Figura 5 *Armadura Transversal en cara superior e inferior (Losa de fondo y de tapa)* 11
Figura 6 *Armadura Vertical en Paredes (5m)* 12
Figura 7 *Armadura Transversal en Paredes (5m)* 13
Figura 8 *Armadura Vertical en Paredes (4m)* 13
Figura 9 *Armadura Transversal en Paredes (4m)* 14
Figura 10 *Diagrama de Esfuerzos de Corte en losas de fondo y de tapa* 15
Figura 11 *Diagrama de Esfuerzos de Corte en Paredes* 15

Figura 12 *Máximo valor de Esfuerzo Cortante del Tanque Cisterna* 15
Figura 13 *Bombas Sumergibles Tipo Flygt N* 16
Figura 14 *Componentes de las Bombas Tipo Flygt* 17
Figura 15 *Primera Etapa de Autolimpieza* 18
Figura 16 *Segunda Etapa de Autolimpieza* 18
Figura 17 *Rendimiento de Bombas Flygt* 19
Figura 18 *Eficiencia de las Bombas Flygt* 19
Figura 19 *Instalación semipermanente en pozo húmedo* 20
Figura 20 *Instalación semipermanente, independiente.* 21
Figura 21 *Instalación vertical permanente en pozo seco en línea* 21
Figura 22 *Instalación horizontal permanente en pozo seco e en línea* 21
Figura 23 *Bomba en instalación semipermanente en una columna vertical de acero u hormigón* 22
Figura 24 *Isométrico Sistema de recirculación* 22
Figura 25 *Vista lateral del sistema de recirculación* 23
Figura 26 *Vista en planta del sistema de recirculación* 23

CAPÍTULO 1: SISTEMA DE CIRCULACION DE AGUA

1.1. Diseño de cisterna

Dentro de la ingeniería civil y sus diferentes ramas los tanques contenedores de líquidos constituyen un rol muy importante para el almacenamiento, abastecimiento y tratamiento de distintos tipos de líquidos como agua, hidrocarburos, líquidos especiales, aguas residuales etc.

De acuerdo a Pavón (2001), para pequeñas cantidades de líquido se usa tanques cisternas de hormigón armado o tanques plásticos elevados de menor capacidad, evitando el desabastecimiento en ocasiones en que el líquido no sea provisto de manera regular.

En la ingeniería hidráulica los tanques son de gran utilidad para los diversos tratamientos que sirven para la potabilización de agua en los que se necesita controlar caudales o almacenar agua cruda por un determinado periodo de tiempo para continuar el proceso por sus distintas fases como: aireación, pre cloración, coagulación floculación, sedimentación, floculación, cloración y almacenamiento previo su distribución, Pavón (2001).

Los tanques rectangulares y cuadrados pueden estar enterrados, semienterrados o superficiales dependiendo del tipo de material que conforme la estructura o en caso que se necesite paredes divisorias dentro de la estructura, esto dependiendo el uso que se le fuera a dar.

De acuerdo a Pavón (2001), los tanques enterrados son aquellos tanques que se constituyen totalmente bajo la superficie del terreno. Por lo general esta ubicación es favorable cuando el terreno de desplante es adecuado para el funcionamiento hidráulico de la red de distribución y cuando es necesario excavar hasta encontrar un estrato de soporte más resistente.

Los tanques enterrados tienen la ventaja de conservar el agua a resguardo de grandes variaciones de temperatura, así como también la estructura no alterara el paisaje y sus cubiertas pueden utilizarse para diversas funciones.

Para su construcción se debe realizar grandes excavaciones en la cuales existe la dificultad de observar y mantener las instalaciones de conexión de abastecimiento y red de distribución, así como, la dificultad de poder encontrar lugares de posibles filtraciones y fugas de líquido.

Los tanques de hormigón armado pueden tomar cualquier geometría siendo capaces de resistir grandes presiones en los cuales el refuerzo de acero contrarresta las tensiones que se producen por el líquido o por el suelo, evitando de esta manera agrietamientos en las juntas, Pavón (2001)

1.1.1. Dimensionado del tanque cisterna

Se diseñará un tanque enterrado de hormigón armado a nivel de la tapa que sirve para contener agua.

La capacidad del tanque cisterna está en función de tres parámetros fundamentales: el volumen de agua que circula por el canal de aforo, reserva destinada a la simulación hidráulica y caudal saliente del sistema de bombeo.

El volumen de agua que irá a circular en el canal de aforo es de $32m^{3,}$ de acuerdo al diseño arquitectónico presentado en los planos adjuntos.

La reserva de agua destinada a la modelación es aproximadamente $8m^3$, valor que se ha adoptado de acuerdo a experiencias de simulaciones hidráulicas, tomando en cuenta, que este depósito solamente es de circulación del agua y es por el cual se distribuye a los modelos.

El tanque será la suma de estos dos valores, dando como resultado un tanque cisterna con una capacidad de $40m^3$.

Las bombas sumergibles desarrollarán un caudal máximo de $100\,l/s$. Cada bomba cuenta con una conducción de alimentación y una conducción de salida al tanque de distribución.

Para determinar el tiempo, en el cual el agua es aprovechada para la modelación, luego la descarga al canal y por último al tanque cisterna se

aplica la siguiente ecuación:

$$Tiempo = \frac{Volumen}{Q} \rightarrow \frac{40m^3}{0{,}1\ m^3/s} = 400seg$$

En resumen, el sistema de circulación de agua es apto para descargar al tanque de distribución aproximadamente $8m^3$, para luego distribuir a los modelos a escala, y evacuar al canal de aforo en un tiempo de 6min 40 seg, la totalidad o parte del volumen de la cisterna de $40m^3$, según las condiciones de la simulación.

Como condicionante se tiene que, en el canal de aforo y el tanque de distribución, el agua que transita debe ser mayor al volumen que está disponible en el momento de la modelación en el tanque cisterna, entre un 50 y 100%.

Se presenta el dimensionado del tanque cisterna:

Volumen de la cisterna: 40 m^3

$$Vol = L * A * H$$

$$A = 0.75 * L$$

$$H_{colchon\ de\ aire} = 0.20m$$

$$H_{agua} = 1.80m$$

$$H_{total} = 2.00m$$

Reemplazando valores se tiene:

$$40 = 0.75 * L^2 * 2$$

Despejando L, se tiene: L=5.16m

Para el valor del ancho, se tiene: $A = 0.75 * 5.16 = 3.87m$

Las medidas finales de la cisterna son: largo: 5m, ancho: 4m, altura: 2m

En la figura 01, se indica las dimensiones del tanque cisterna:

Figura 1

Vista Lateral del Tanque Cisterna



Fuente: Elaboración propia

1.1.2. Método de diseño

El método de diseño mediante cálculo integral corresponde al uso de software de diseño estructural para el modelado y cálculo de las diversas estructuras que se presentan en la ingeniería civil, en este caso se utilizó el programa SAP 2000 versión 17.1 para el diseño debido a su versatilidad.

1.1.2.1. Consideraciones para el diseño

El diseño se realiza para las condiciones de carga que sean necesarias, esto depende de las condiciones en que se encontrara el tanque tanto durante su vida útil como durante su construcción. Se establece la condición en que el tanque está vacío y se tiene carga solamente producida por la presión lateral del suelo, este estado se da durante el funcionamiento del tanque.

1.1.2.2. Modelamiento en sap2000

Los elementos se modelaron como elementos Shell los mismos que deberán dividirse en un número N de áreas pequeñas para mejorar la precisión del análisis.

Se consideran los siguientes datos para el diseño en la tabla 87

Tabla 87.- Parámetros de diseño de Tanque Cisterna

Tabla 1

Parámetros de diseño de Tanque Cisterna

PÁRAMETRO	SÍMBO	VAL	UNID
Volumen del tanque	V	4	m
Profundidad de la excavación	D	2	m
Ancho (excavación)tanque	A_{exc}	4	m
Largo (excavación)tanque	L_{exc}	5	m
Peso específico del agua	ϒ	1	T/m^3
Peso específico del suelo seco	ϒ	1,50	T/m^3
Peso específico del suelo	ϒ	1,78	T/m^3
Ángulo de fricción interna del	Φ	38,0	°
Coeficiente de Empuje Activo	K_a	0,23	−−
Coeficiente de Empuje Pasivo	K_p	4,12	−−
Coeficiente de Empuje en	K_o	0,38	−−
Esfuerzo admisible del suelo	q_{adm}	2	T/m^2
Coeficiente de balasto	K_b	4000	T/m^3

Nota: Parámetros de diseño

1.1.3. Cargas actuantes

1.1.3.1. Sobre la tapa del tanque

La carga que actúa en la tapa del tanque es 600 kg/m^2, ya que su uso es destinado para industria liviana, según lo estipulado en el Norma Técnica E.020.

1.1.3.2. Presión lateral del suelo

Para el cálculo de la presión lateral del suelo, se considera que el coeficiente de empuje del suelo en reposo, se calcula con la siguiente expresión

$$\text{Ko} = 1 - \sin \Phi$$

$$\text{Ko} = 1 - \sin 38.06$$

$$\text{Ko} = 0.384$$

El cálculo de las presiones de suelo a lo largo de las paredes se calcula con la siguiente expresión:

$$\mathrm{Ps} = \mathrm{Ko} * \Upsilon_{sh} * \mathrm{H}$$

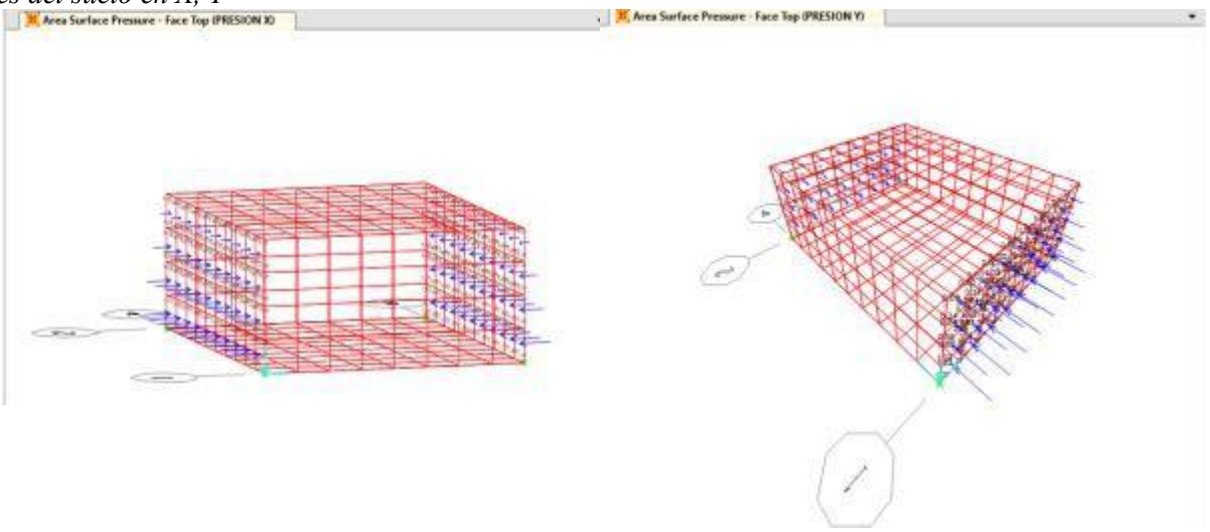
$$\mathrm{Ps} = 0.384 * 1.789 * 2$$

$$\mathrm{Ps} = 1.3739\ \mathrm{t/m^2}$$

Se realiza un patrón de nudos en el programa SAP2000, y se establece las condiciones donde la presión de suelos es igual a cero. Se presenta las presiones del suelo, en sentido x,y en la figura 02:

Figura 2

Presiones del suelo en X, Y



Fuente: SAP2000 Versión 17.1

1.1.4. Coeficiente de balasto

Un valor orientativo para una arena seca o húmeda medianamente densa.

$$\mathrm{K1} = 4\ \mathrm{kg/cm^3}$$

En base al valor del coeficiente k1 se calcula el coeficiente de balasto para el caso de una base cuadrada a una profundidad D del nivel del suelo.

$$\mathrm{n} = 3\ \mathrm{xe}^{(-0.08\ \mathrm{xB})}$$

$$\mathrm{n} = 3\ \mathrm{xe}^{(-0.08\ \mathrm{x}\ 430)}$$

$$\mathrm{n} = 3.4466\ \mathrm{E} - 15$$

$$K_{cuadrada} = k1 * \left(\frac{B+30}{2*B}\right)^{n} * \left(1 + \frac{2D}{B}\right)$$

Donde

$$(1+\frac{2D}{B}) \leq 2$$

Se tiene:

$$\left(1+\frac{2D}{B}\right) = 2.35$$

Por lo tanto, se toma el valor de 2:

$$K_{cuadrada} = k1 * \left(\frac{B+30}{2*B}\right)^{n} * (1+\frac{2D}{B})$$

$$K_{cuadrada} = 4 * \left(\frac{430+30}{2*430}\right)^{3.4466E-15} * 2$$

$$K_{cuadrada} = 8kg/cm^3$$

Con este valor, se calcula el valor de *krectangular*

$$K_{rectangular} = K_{cuadrada} * \frac{L+0.5B}{1.5L}$$

$$K_{rectangular} = 7.498kg/cm^3$$

Se aplica este coeficiente a los resortes, en la cara inferior de la base de la estructura, los resortes actuaran paralelos al eje Z y trabajarán únicamente a compresión.

1.1.5. Combinaciones de carga

(Norma Técnica E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)), Cuando la carga H (carga por presión lateral) esté presente, se incluirá en la combinación de cargas la siguiente condición:

- 1.6H, cuando el efecto de H contribuye a la acción de otras cargas sobre la estructura.

Según lo estipulado por el Norma Técnica E.020, la combinación para el diseño por última resistencia es:

$$1.2\text{D} + 1.6\text{L} + 1.6\text{H}$$

1.1.6. Diseño de la losa de fondo y de tapa

Se obtiene los diagramas de acero de refuerzo, tanto longitudinal como transversal, en las caras superiores e inferiores. Las unidades están en cm^2 por unidad de metro.

1.1.6.1. Armadura mínima de refuerzo

La armadura de refuerzo mínima en la losa de fondo, losa superior (tapa) y las paredes se indica en la siguiente fórmula:

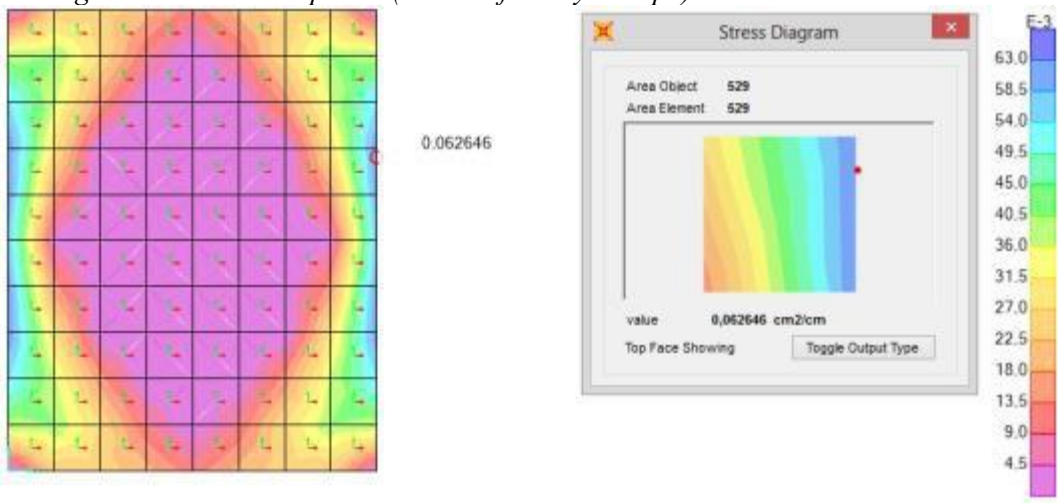
$$\mathrm{As}_{sim} = 0.0018 * \mathrm{b} * h = 0.0018 * 100 * 15 = 2.7\ \mathrm{cm}^2/\mathrm{m}$$

1.1.6.2. Armadura longitudinal

En la figura 03, se indica la armadura longitudinal en la cara superior

Figura 3

Armadura Longitudinal en cara superior (Losa de fondo y de tapa)



Fuente. SAP2000 Versión 17.1

$$A_s = 0.0626 * 100cm = 6.26\frac{cm^2}{m} \approx 1\emptyset 12mm\ @\ 15cm$$

En la figura 04, se indica la armadura longitudinal en la cara inferior

Figura 4

Armadura Longitudinal en cara inferior (Losa de fondo y de tapa)



Fuente: SAP2000 Versión 17.1

$$A_s = 0.0498 * 100cm = 4.98\frac{cm^2}{m} \approx 1\emptyset 12mm\ @\ 20cm$$

1.1.6.3. Armadura transversal

En la figura 05, se indica la armadura transversal tanto en la cara superior como en la inferior:

Figura 5

Armadura Transversal en cara superior e inferior (Losa de fondo y de tapa)



Fuente: SAP2000 Versión 17.1

$$A_s = 0.0671 * 100cm = 6.71\frac{cm^2}{m} \approx 1\emptyset 12mm\ @\ 15cm$$

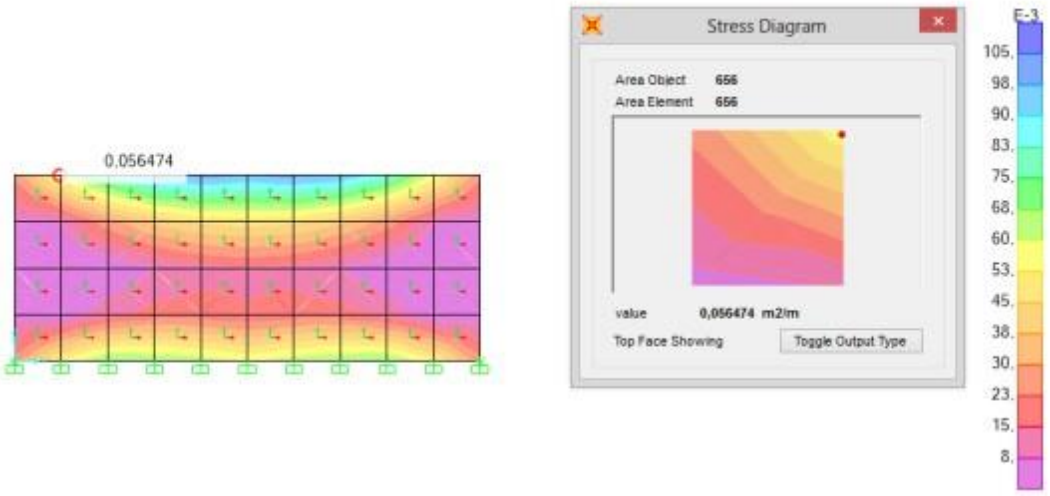
1.1.7. Paredes del tanque (L=5m)

Todas las paredes del tanque serán de concreto reforzado con un espesor e = 0.15m para un recubrimiento r = 5cmmedido del borde de la pared hasta el centro de la varilla que se utilizara como refuerzo, la resistencia a ruptura del concreto f'c= 240 kg/cm², la fluencia del acero para los refuerzos fy = 4200 kg/cm².

1.1.7.1. Armadura vertical

En la figura 06, se indica la armadura vertical, la cual va a ser colocada en dos capas:

Figura 6
Armadura Vertical en Paredes (5m)



Fuente: SAP2000 Versión 17.1

$$A_s = 0.0564 * 100cm = 5.64\frac{cm^2}{m} \approx 1\emptyset 12mm\ @\ 20cm$$

1.1.7.2. Armadura transversal

En la figura 07, se indica la armadura transversal, la cual va a ser colocada en dos capas:

Figura 7

Armadura Transversal en Paredes (5m)



Fuente: SAP2000 Versión 17.1

1.1.8. Paredes del tanque (A=4m)

1.1.8.1. Armadura vertical

En la figura 08, se indica la armadura vertical, la cual va a ser colocada en dos capas:

Figura 8

Armadura Vertical en Paredes (4m)



Fuente: SAP2000 Versión 17.1

$$A_s = 0.0561 * 100cm = 5.61 \frac{cm^2}{m} \approx 1\emptyset 12mm \ @ \ 20cm$$

1.1.8.2. Armadura transversal

En la figura 09, se indica la armadura transversal, la cual va a ser colocada en dos capas:

Figura 9
Armadura Transversal en Paredes (4m)



Fuente: SAP2000 Versión 17.1

En los valores menores a 2.7 cm2/m, se colocará armadura mínima, es decir 1 ϕ 10mm @ 25cm

1.1.9. Control de esfuerzos de corte

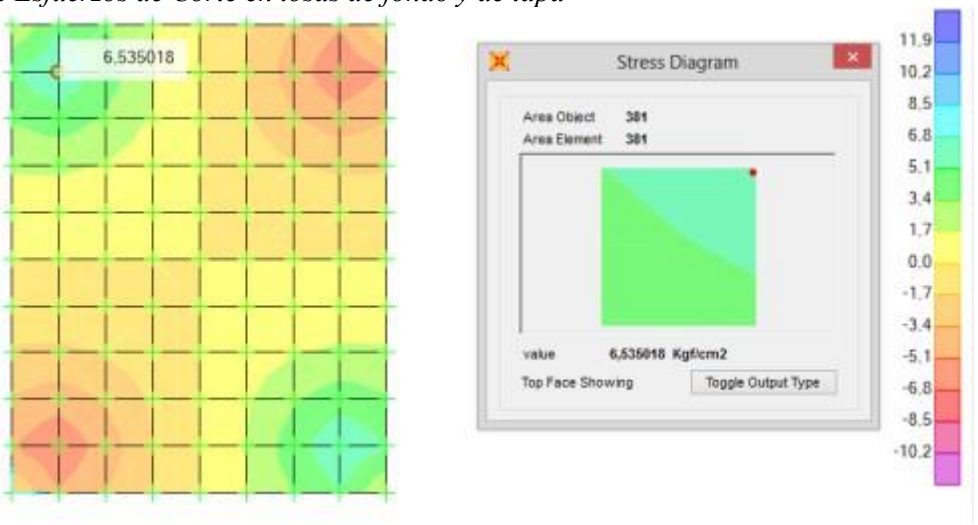
El cortante máximo para un hormigón de 210 kg/cm^2 se lo calcula con la siguiente ecuación:

$$V_1 = 0.53 * raíz\ (210) = 7.68\,kg/cm^2$$

En la figura 10, se presenta los esfuerzos admisibles por corte en las losas de fondo y de tapa:

Figura 10

Diagrama de Esfuerzos de Corte en losas de fondo y de tapa

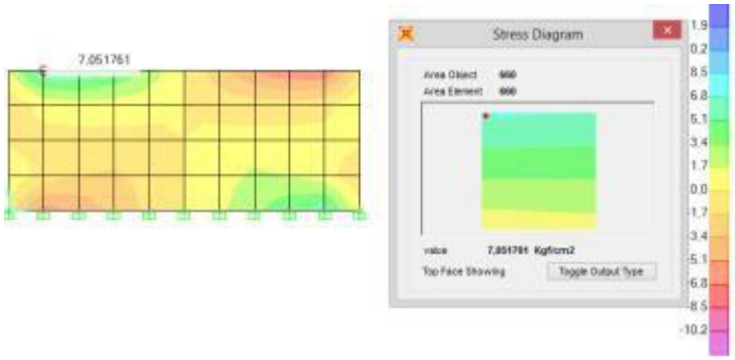


Fuente: SAP2000 Versión 17.1

Se tiene los esfuerzos por corte en las paredes en la figura 11:

Figura 11

Diagrama de Esfuerzos de Corte en Paredes



Fuente: SAP2000 Versión 17.1

El esfuerzo cortante máximo es= $7.06\,\mathrm{kg/cm^2}$, el cual se indica en la figura 12

Figura 12

Máximo valor de Esfuerzo Cortante del Tanque Cisterna



Fuente: SAP2000 Versión 17.1

Por lo tanto, los valores de esfuerzos actuantes por corte en el tanque son menores que el esfuerzo admisible, con lo que se concluye que no es necesario colocar estribos.

1.2. Cuarto de maquinas

1.2.1. Sistema de bombeo

El catálogo "La serie de bombas Flygt N, 2014" menciona las especificaciones técnicas de las bombas, en base a esto, se contará con dos bombas sumergibles tipo Flygt N de baja capacidad, cada una de ellas capaz de desarrollar un caudal máximo de 100 l/s. Cada bomba cuenta con una conducción de alimentación y una conducción de salida al tanque de distribución, ambas de PVC. Sobre tales conducciones se hallan dispuestas válvulas esclusas de operación manual que permiten regular los caudales que viajan hacia el modelo que se quiere ensayar. La figura 13 indica las bombas que se van a instalar en el Laboratorio:

Figura 13
Bombas Sumergibles Tipo Flygt N



1.2.1.1. Ventajas de las bombas flyhgt

La serie de bombas Flygt N, 2014. Bombas Auto limpiantes de Alta Eficiencia Sostenida, menciona en su catálogo que las bombas Flygt N superan las aplicaciones más

difíciles y cumplen con su cometido. Cada componente se ha diseñado y fabricado para ofrecer una alta eficiencia sostenida.

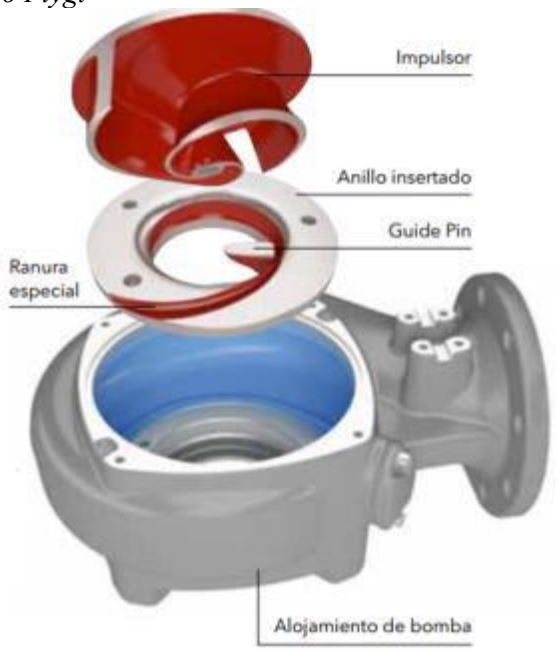
Gracias a la tecnología N patentada, con su innovativo impulsor autolimpiante, las bombas Flygt N ofrecen el máximo rendimiento total. Abaratarán su factura eléctrica y reducirán los costes de mantenimiento por paradas imprevistas. Los resultados son grandes ahorros a largo plazo. Por lo que se tiene las siguientes ventajas:

- Tecnología patentada
- Diseño innovador
- Alta eficiencia sostenida
- Capacidad de autolimpieza
- Diseño modular

1.2.1.2. Esquema de las bombas tipo flygt

Las bombas Flygt N constan de los siguientes componentes indicados en la figura 14:

Figura 14
Componentes de las Bombas Tipo Flygt



1.2.1.3. Sistema autolimpiante

Todas las bombas Flygt tienen las mismas prestaciones de autolimpieza, independientemente del parámetro de servicio.

1a. etapa. La mayoría de los objetos sólidos que penetren en la bomba pasarán entre los álabes del impulsor. Si una partícula queda atrapada en alguno de los álabes, se deslizará atrás a lo largo de los bordes curvados, hacia el perímetro de la entrada. (Figura 15)

Figura 15
Primera Etapa de Autolimpieza



Fuente: La Serie de Bombas Flygt

2a. etapa. El objeto sólido se desplaza a lo largo de la punta del álabe, dentro de la ranura. El guide pin en el anillo insertado aparta todos los fragmentos sólidos del centro del impulsor, a lo largo del borde de ataque y a través de la ranura. (Figura 16)

Figura 16
Segunda Etapa de Autolimpieza

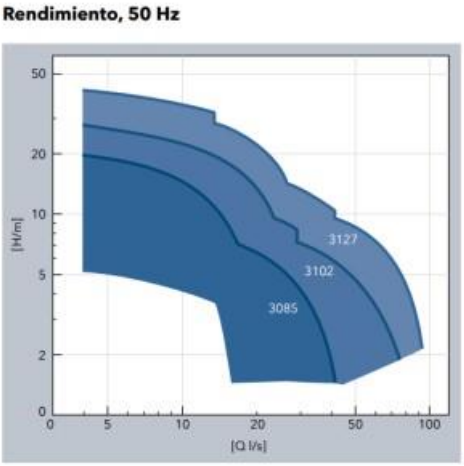


Fuente: La Serie de Bombas Flygt

1.2.1.4. Rendimiento

Se presenta en la figura 17 el rendimiento de las bombas, según su modelo:

Figura 17
Rendimiento de Bombas Flygt

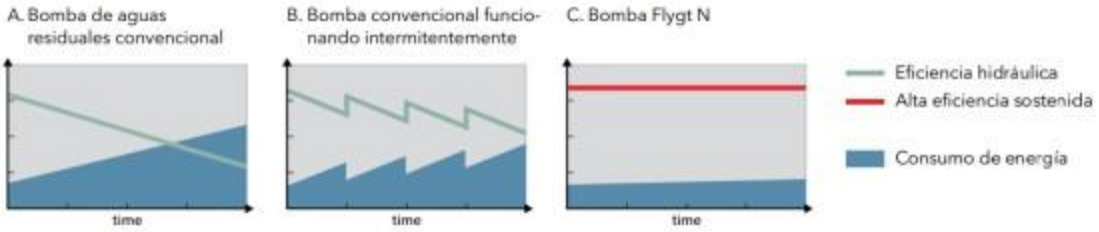


Fuente: La Serie de Bombas Flygt

1.2.1.5. Eficiencia

En una bomba convencional, cuando entran materias sólidas, por ejemplo fibras, lo más probable es que queden atrapadas en los bordes del impulsor. Esta acumulación de material exigirá más potencia y reducirá la eficiencia Un aumento en el consumo de potencia significa un incremento en el consumo de energía. La alta eficiencia de las bombas Flygt N se mantiene a lo largo del tiempo debido a su función de autolimpieza, que mantiene el gasto de energía a un mínimo, como se indica en la figura 18.

Figura 18
Eficiencia de las Bombas Flygt



Fuente: La Serie de Bombas Flygt

1.2.1.6. Potencia y tamaño de las bombas

Cuando se selecciona el tipo o tamaño de la bomba, se debe tener en cuenta que la bomba debe abastecer la demanda máxima dentro de los rangos de presiones y caudales,

existiendo siempre una bomba adicional para alternar y cubrir entre todas la demanda máxima probable.

Se presenta a continuación en la tabla 02 los valores de potencia y diámetros de la tubería de descarga, según el modelo de la bomba:

POTENCIAS Y TAMAÑOS

Tabla 2
Potencia y Diámetros de Tubería de Descarga

MODELO	3085	3102	3127
POTENCIA (KW)	1,3 - 2,4	3,1 - 4,2	4,7 - 7,4
TUBERÍA DE DESCARGA	8	8	8
		1	1
		1	1

Fuente: La Serie de Bombas Flygt

1.2.1.7. Método de instalación

Existen varios métodos de instalación para las bombas tipo Flygt entre estos tenemos:

- NP: Instalación semipermanente en pozo húmedo. La bomba se instala con barra guía doble en una conexión de descarga. (Figura 19)

Figura 19
Instalación semipermanente en pozo húmedo



Fuente: La Serie de Bombas Flygt

- NS: Instalación semipermanente, independiente. Versión transportable, con conexión a tubería o manguera. (Figura 20)

Figura 20
Instalación semipermanente, independiente.



Fuente: La Serie de Bombas Flygt

- NT: Instalación vertical permanente en pozo seco en línea, con conexión embridada a tuberías de aspiración y de descarga. (Figura21)

Figura 21
Instalación vertical permanente en pozo seco en línea



Fuente: La Serie de Bombas Flygt

- NZ: Instalación horizontal permanente en pozo seco e en línea, con conexión embridada a tuberías de aspiración y de descarga. (Figura 22)

Figura 22
Instalación horizontal permanente en pozo seco e en línea



Fuente: La Serie de Bombas Flygt

- NL: Bomba en instalación semipermanente en una columna vertical de acero u hormigón. (Figura 23)

Figura 23
Bomba en instalación semipermanente en una columna vertical de acero u hormigón

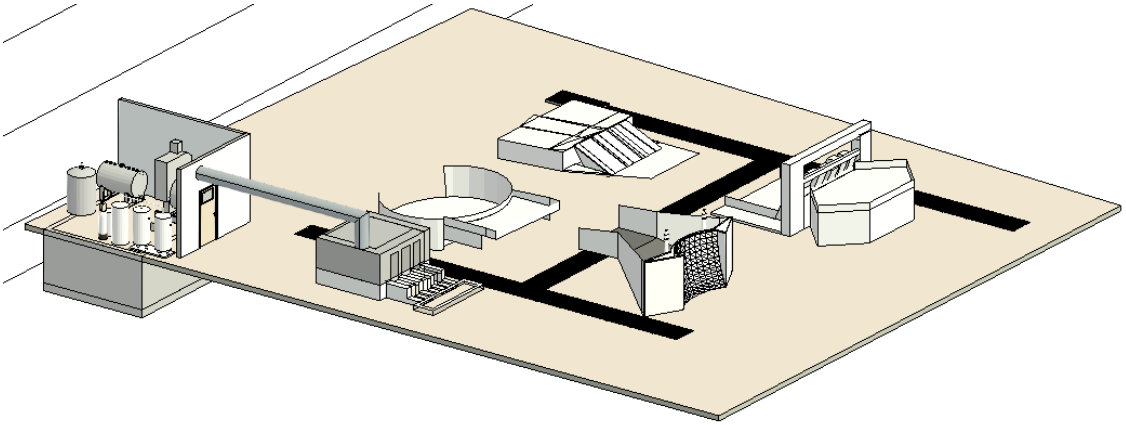


Fuente: La Serie de Bombas Flygt

Finalmente, se utilizará el sistema de instalación tipo NT.

En la figura 24, se muestra la vista isométrica del sistema de recirculación planteado

Figura 24
Isométrico Sistema de recirculación

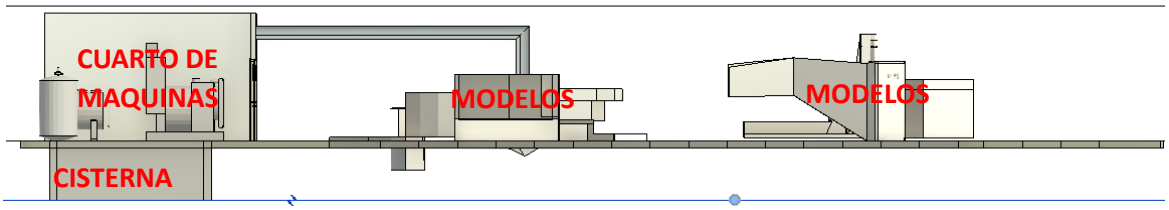


Fuente: Elaboración propia

En la figura 25, se muestra la vista lateral del sistema de recirculación planteado

Figura 25

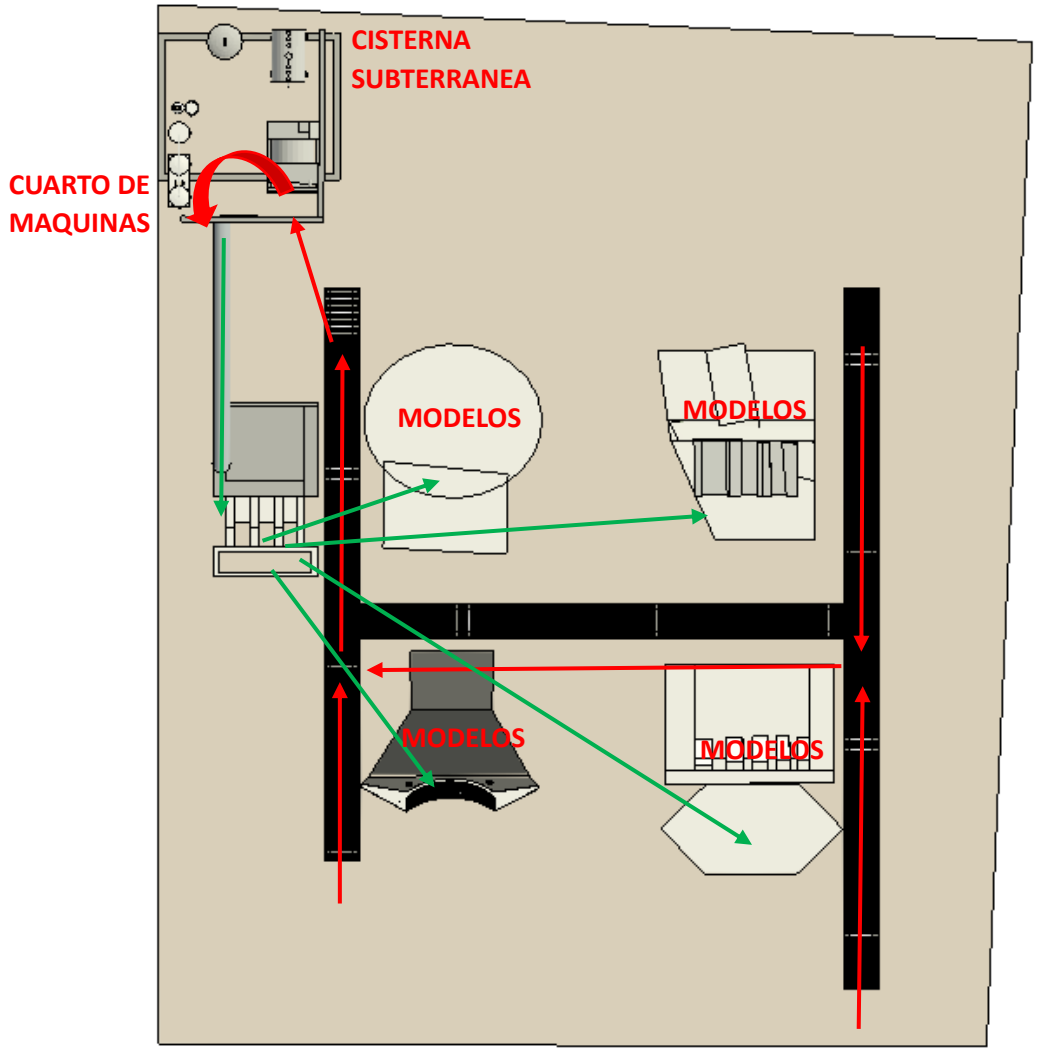
Vista lateral del sistema de recirculación



Fuente: Elaboración propia

Figura 26

Vista en planta del sistema de recirculación



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 04:
METRADOS

ANEXO 4.1:
RESUMEN DE METRADOS

METRADOS

PROYECTO : SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, 2024
ETAPA 1.0 : CREACION DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA EN LA FIC - UNSAAC
PROPIETARIO : LABORATORIO DE HIDRAULICA
UBICACION : DPTO:CUSCO PROV:CUSCO DIST:CUSCO LOC:UNSAAC - PERAYOC
FECHA PROYECTO : 16/09/2024

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
1.1.1.1.1	ALQUILER DE LOCAL PARA OFICINA DE RESIDENCIA Y ALMACÉN								8.00	mes
a)	ALQUILER DE LOCAL PARA OFICINA DE RESIDENCIA Y ALMAC		8.00	1.00	-	-	-	8.00		
1.1.1.1.2	ALQUILER DE MÓDULO DE BAÑO PORTATIL TIPO DISAL O SIMILAR								8.00	mes
a)	ALQUILER DE MÓDULO DE BAÑO PORTATIL TIPO DISAL O SIMILAR		8.00	1.00	-	-	-	8.00		
1.1.1.1.3	CERCO DE PROTECCIÓN CON ARPILLERA								160.00	m
a)	CERCO DE PROTECCIÓN CON ARPILLERA		4.00	40.00	-	-	-	160.00		
1.1.1.1.4	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA DE 3.60X2.40 M								1.00	und
a)	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA DE 3.60x2.40 m		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.1.1.2.1	AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN								1.00	glb
a)	AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.1.1.2.2	ENERGÍA ELÉCTRICA PROVISIONAL								1.00	glb
a)	ENERGIA ELÉCTRICA PROVISIONAL		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.1.1.3.1	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL								750.00	m²
a)	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL		1.00	1.00	30.00	25.00	-	750.00		
1.1.1.4.1	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS								1.00	glb
a)	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.1.2.1.1	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD								8.00	mes
1.1.2.1.2	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL								1.00	glb
a)	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.1.2.1.3	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA								1.00	glb
a)	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIV		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.1.2.1.4	SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA PARA CONSTRUCCIÓN (1.20X0.80M)								8.00	und

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA PARA CONSTRUCCIÓN (1.20x0.80m		8.00	1.00	-	-	-	8.00		
1.1.2.1.5	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA								1.00	glb
a)	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.1.2.2.1	RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIA Y SALUD DURANTE EL TRABAJO								1.00	glb
a)	RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIA Y SALUD DURANTE		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.2.1.1	EXCAVACION CON MAQUINARIA EN TERRENO SUELTO								750.00	m³
a)	EXCAVACION CON MAQUINARIA EN TERRENO SUELTO		1.00	1.00	25.00	30.00	1.00	750.00		
1.2.1.2	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO								150.00	m³
a)	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO		1.00	1.00	25.00	30.00	0.20	150.00		
1.2.1.3	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30M								650.00	m³
a)	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30m		1.30	500.00	-	-	-	650.00		
1.2.1.4	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D<5 KM)								650.00	m³
a)	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D<5 Km)		1.30	500.00	-	-	-	650.00		
1.3.1.1	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO								83.12	m³
a)	En zapatas Z-1		4.00	1.00	1.35	1.35	1.60	11.66		
b)	En zapatas Z-2		10.00	1.00	1.50	1.35	1.60	32.40		
c)	En zapatas Z-3		6.00	1.00	1.25	1.10	1.60	13.20		
d)	En vigas de Conexión VC-01		4.00	1.00	4.33	0.25	1.20	5.20		
e)	.		4.00	1.00	4.38	0.25	1.20	5.26		
f)	En vigas de Conexión VC-02		12.00	1.00	4.28	0.25	1.20	15.41		
1.3.1.2	RELLENO CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO								34.94	m³
a)	En zapatas Z-1		4.00	1.00	-	1.57	1.10	6.91		
b)	En zapatas Z-2		10.00	1.00	-	1.78	1.10	19.58		

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
c)	En zapatas Z-3		6.00	1.00	-	1.28	1.10	8.45		
1.3.1.3	PERFILADO Y COMPACTADO DE ZANJA								57.34	m²
a)	En zapatas Z-1		4.00	1.00	1.35	1.35	-	7.29		
b)	En zapatas Z-2		10.00	1.00	1.50	1.35	-	20.25		
c)	En zapatas Z-3		6.00	1.00	1.25	1.10	-	8.25		
d)	En vigas de Conexión VC-01		4.00	1.00	4.33	0.25	-	4.33		
e)	.		4.00	1.00	4.38	0.25	-	4.38		
f)	En vigas de Conexión VC-02		12.00	1.00	4.28	0.25	-	12.84		
1.3.1.4	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30M								62.63	m³
a)	Proveniente de las excavacione s		1.00	1.30	83.12	-	-	108.06		
b)	Proveniente del relleno		-1.00	1.30	34.94	-	-	-45.42		
1.3.1.5	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D<5 KM)								62.63	m³
a)	Proveniente de las excavacione s		1.00	1.30	83.12	-	-	108.06		
b)	Proveniente del relleno		-1.00	1.30	34.94	-	-	-45.42		
1.3.2.1.1	SOLADO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:12 DE 4"								57.34	m²
a)	En zapatas Z-1		4.00	1.00	1.35	1.35	-	7.29		
b)	En zapatas Z-2		10.00	1.00	1.50	1.35	-	20.25		
c)	En zapatas Z-3		6.00	1.00	1.25	1.10	-	8.25		
d)	En vigas de Conexión VC-01		4.00	1.00	4.33	0.25	-	4.33		
e)	.		4.00	1.00	4.38	0.25	-	4.38		
f)	En vigas de Conexión VC-02		12.00	1.00	4.28	0.25	-	12.84		
1.3.2.1.2	CURADO DE CONCRETO								57.34	m²
a)	En zapatas Z-1		4.00	1.00	1.35	1.35	-	7.29		
b)	En zapatas Z-2		10.00	1.00	1.50	1.35	-	20.25		
c)	En zapatas Z-3		6.00	1.00	1.25	1.10	-	8.25		
d)	En vigas de Conexión VC-01		4.00	1.00	4.33	0.25	-	4.33		
e)	.		4.00	1.00	4.38	0.25	-	4.38		
f)	En vigas de Conexión VC-02		12.00	1.00	4.28	0.25	-	12.84		
1.3.3.1.1	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 PARA ZAPATAS								14.32	m³
a)	En zapatas Z-1		4.00	1.00	1.35	1.35	0.40	2.92		
b)	En zapatas Z-2		10.00	1.00	1.50	1.35	0.40	8.10		
c)	En zapatas Z-3		6.00	1.00	1.25	1.10	0.40	3.30		
1.3.3.1.3	CURADO DE CONCRETO								35.79	m²

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	En zapatas Z-1		4.00	1.00	1.35	1.35	-	7.29		
b)	En zapatas Z-2		10.00	1.00	1.50	1.35	-	20.25		
c)	En zapatas Z-3		6.00	1.00	1.25	1.10	-	8.25		
1.3.3.2.1	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 PARA VIGAS DE CONEXIÓN								13.85	m³
a)	En vigas de conexión VC-01		2.00	1.00	23.00	0.25	0.50	5.75		
b)	En vigas de conexión VC-02		2.00	1.00	32.40	0.25	0.50	8.10		
1.3.3.2.2	ACERO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONEXIÓN								1,295.80	m³
1.3.3.2.3	CURADO DE CONCRETO								27.70	m²
a)	En vigas de conexión VC-01		2.00	1.00	23.00	0.25	-	11.50		
b)	En vigas de conexión VC-02		2.00	1.00	32.40	0.25	-	16.20		
1.3.3.3.1	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 PARA COLUMNAS								14.15	m³
a)	Columnas C -1		14.00	1.00	0.50	0.50	3.45	12.08		
b)	Columnas C -2		6.00	1.00	0.25	0.40	3.45	2.07		
1.3.3.3.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS								123.51	m²
a)	Columnas C -1		14.00	1.00	2.00	-	3.45	96.60		
b)	Columnas C -2		6.00	1.00	1.30	-	3.45	26.91		
1.3.3.3.4	CURADO DE CONCRETO								123.51	m²
a)	Columnas C -1		14.00	1.00	2.00	-	3.45	96.60		
b)	Columnas C -2		6.00	1.00	1.30	-	3.45	26.91		
1.3.3.4.1	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 PARA VIGAS								13.25	m³
a)	En vigas V-101		2.00	1.00	23.00	0.25	0.45	5.18		
b)	En vigas V-102		2.00	1.00	35.90	0.25	0.45	8.08		
1.3.3.4.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS								127.07	m²
a)	En vigas V-101 caras laterales exteriores		2.00	1.00	23.00	-	0.45	20.70		
b)	En vigas V-101 caras laterales interiores		2.00	1.00	23.00	-	0.45	20.70		
c)	En vigas V-101 caras inferiores		2.00	1.00	20.80	0.25	-	10.40		
d)	En vigas V-102 caras laterales exteriores		2.00	1.00	32.90	-	0.45	29.61		
e)	En vigas V-102 caras laterales interiores		2.00	1.00	34.40	-	0.45	30.96		
f)	En vigas V-102 caras inferiores		2.00	1.00	29.40	0.25	-	14.70		

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
1.3.3.4.4	CURADO DE CONCRETO								152.17	m²
a)	En vigas V-101 caras laterales exteriores		2.00	1.00	23.00	-	0.45	20.70		
b)	En vigas V-101 caras laterales interiores		2.00	1.00	23.00	-	0.45	20.70		
c)	En vigas V-101 caras inferiores		4.00	1.00	20.80	0.25	-	20.80		
d)	En vigas V-102 caras laterales exteriores		2.00	1.00	32.90	-	0.45	29.61		
e)	En vigas V-102 caras laterales interiores		2.00	1.00	34.40	-	0.45	30.96		
f)	En vigas V-102 caras inferiores		4.00	1.00	29.40	0.25	-	29.40		
1.3.3.5.1	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 PARA COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES								0.53	m³
a)	Eje A		2.00	1.00	0.20	0.20	3.30	0.26		
b)	Eje E		2.00	1.00	0.20	0.20	3.30	0.26		
1.3.3.5.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES								7.92	m²
a)	Eje A		2.00	1.00	0.60	-	3.30	3.96		
b)	Eje E		2.00	1.00	0.60	-	3.30	3.96		
1.3.3.5.4	CURADO DE CONCRETO								7.92	m²
a)	Eje A		2.00	1.00	0.60	-	3.30	3.96		
b)	Eje E		2.00	1.00	0.60	-	3.30	3.96		
1.3.3.6.1	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 PARA COLUMNAS DE CONFINAMIENTO								5.20	m³
a)	Ejes 1 y 7		11.00	2.00	0.20	0.13	3.45	1.97		
b)	Ejes 1 y 7		11.00	2.00	0.20	0.13	3.45	3.23		
1.3.3.6.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO								40.92	m²
a)	Ejes 1 y 7		11.00	2.00	0.20	-	3.45	15.18		
b)	Ejes A y E		18.00	2.00	0.20	-	3.45	24.84		
c)	Bordes de Puertas		2.00	1.00	-	0.13	3.45	0.90		
1.3.3.6.4	CURADO DE CONCRETO								40.92	m²
a)	Ejes 1 y 7		11.00	2.00	0.20	-	3.45	15.18		
b)	Ejes A y E		18.00	2.00	0.20	-	3.45	24.84		
c)	Bordes de Puertas		2.00	1.00	-	0.13	3.45	0.90		
1.3.3.7.1	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 PARA VIGAS DE CONFINAMIENTO								2.16	m³
a)	Ejes 1 y 7		3.00	2.00	2.26	0.13	0.20	0.35		
b)	Ejes 1 y 7		4.00	2.00	2.29	0.13	0.20	0.48		
c)	Ejes 1 y 7		3.00	2.00	2.26	0.13	0.20	1.33		
1.3.3.7.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS DE CONFINAMIENTO								33.20	m²
a)	Ejes 1 y 7		6.00	2.00	2.26	-	0.20	5.42		
b)	Ejes 1 y 7		8.00	2.00	2.29	-	0.20	7.33		
c)	Ejes A y E		24.00	2.00	2.13	-	0.20	20.45		
1.3.3.7.4	CURADO DE CONCRETO								33.20	m²
a)	Ejes 1 y 7		6.00	2.00	2.26	-	0.20	5.42		
b)	Ejes 1 y 7		8.00	2.00	2.29	-	0.20	7.33		
c)	Ejes A y E		24.00	2.00	2.13	-	0.20	20.45		
1.3.4.1.1	COLUMNA DE TUBO METÁLICO RECTANGULAR DE 200X200MM E=6MM								14.00	und

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	COLUMNA DE TUBO METÁLICO RECTANGULAR DE 200x200mm e=6mm		14.00	1.00	-	-	-	14.00		
1.3.4.1.2	APOYO ESTRUCTURA METÁLICA								14.00	und
a)	APOYO ESTRUCTURA METÁLICA		14.00	1.00	-	-	-	14.00		
1.3.4.2.1	VIGAS DE PERFIL TUBULAR CUADRADO 100X100MM E=2.5 MM (INCLUYE PINTURA)								62.40	m
a)	VIGAS DE PERFIL TUBULAR CUADRADO 100x100mm e=2.5 mm (INCLUYE P		12.00	1.00	5.20	-	-	62.40		
1.3.4.2.2	VIGAS DE PERFIL TUBULAR RECTANGULAR 50X100MM E=2 MM (INCLUYE PINTURA)								44.60	m
a)	VIGAS DE PERFIL TUBULAR RECTANGULAR 50x100mm e=2 mm (INCLUYE P		2.00	1.00	22.30	-	-	44.60		
1.3.4.3.1	ARMADURA DE ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES								7.00	und
a)	ARMADURA DE ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES		7.00	1.00	-	-	-	7.00		
1.3.4.3.2	IZADO Y MONTAJE ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES								7.00	und
a)	IZADO Y MONTAJE ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES		7.00	1.00	-	-	-	7.00		
1.3.4.3.3	PINTURA ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES								7.00	und
a)	PINTURA ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES		7.00	1.00	-	-	-	7.00		
1.3.4.3.4	ARMADO DE UNIÓN CERCHA - COLUMNA CON CARTELA								14.00	und
a)	ARMADO DE UNIÓN CERCHA - COLUMNA CON CARTELA		7.00	2.00	-	-	-	14.00		
1.3.4.3.5	SUMINISTRO Y COLOCADO DE CABLE TENSOR DE Ø1/2"								334.98	m
a)	Ejes 2 al 6	5.00		1.00	22.50	-	-	112.50		
b)	Ejes 1 al 7	7.00		2.00	15.25	-	-	213.50		
c)	Ejes 1 al 7	7.00		2.00	15.25	-	-	8.98		
1.3.4.3.6	SUMINISTRO Y COLOCADO DE ANCLAJE P/CABLE TENSOR DE Ø1/2"								42.00	jgo
a)	Ejes 1 y 7	2.00		6.00	-	-	-	12.00		
b)	Ejes 1 y 7	2.00		6.00	-	-	-	30.00		
1.3.4.4.1	ARMADURA DE CERCHA METÁLICA VIGA A								2.00	und
a)	Ejes 1 y 7	2.00		1.00	-	-	-	2.00		
1.3.4.4.2	IZADO Y MONTAJE CERCHA METÁLICA VIGA A								2.00	und
a)	Ejes 1 y 7	2.00		1.00	-	-	-	2.00		
1.3.4.4.3	PINTURA CERCHA METÁLICA VIGA A								2.00	und
a)	Ejes 1 y 7	2.00		1.00	-	-	-	2.00		
1.3.4.5.1	CORREAS DE 40X80MM E=2 MM (INCLUYE PINTURA)								27.00	m

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	CORREAS DE 40x80mm e=2 mm (INCLUYE PINTURA)		27.00	1.00	-	-	-	27.00		
1.3.4.6.1	COBERTURA DE ALUZINC 1.07M X 5.0M X 0.4MM								890.03	m²
1.3.4.7.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE GRUA DE 5 TONELADAS								1.00	und
a)	SUMINISTRO E INSTALACION DE GRUA DE 5 TONELADA		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.3.4.8.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE BALCON METALICO								63.00	m
a)	SUMINISTRO E INSTALACION DE BALCON METALICO		3.00	1.00	21.00	-	-	63.00		
1.4.1.1	MURO SOGA DE LADRILLO KING KONG C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5								195.05	m²
a)	En muros eje 7 tramo A-B		2.00	1.00	2.26	-	2.35	10.62		
b)	En muros eje 7 tramo B-D		4.00	1.00	2.29	-	2.35	21.53		
c)	En muros eje 7 tramo D-E		1.00	1.00	2.26	-	2.35	5.31		
d)	En muros eje 1 tramo A-B		2.00	1.00	2.26	-	2.35	10.62		
e)	En muros eje 1 tramo B-D		4.00	1.00	2.29	-	2.35	21.53		
f)	En muros eje 1 tramo D-E		1.00	1.00	2.26	-	2.35	5.31		
g)	En muros eje A tramo 1-2		12.00	1.00	2.13	-	2.35	60.07		
h)	En muros eje E tramo 1-2		12.00	1.00	2.13	-	2.35	60.07		
1.4.2.1	TARRAJEO EN MUROS, INTERIOR Y EXTERIOR C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5, E=1.5 CM								427.42	m²
a)	TARRAJEO INTERIOR		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
b)	En muros eje 7 tramo A-B		2.00	1.00	2.26	-	2.85	12.88		
c)	En muros eje 7 tramo B-D		4.00	1.00	2.29	-	2.85	26.11		
d)	En muros eje 7 tramo D-E		1.00	1.00	2.26	-	2.85	6.44		
e)	En muros eje 1 tramo A-B		2.00	1.00	2.26	-	2.85	12.88		
f)	En muros eje 1 tramo B-D		4.00	1.00	2.29	-	2.85	26.11		
g)	En muros eje 1 tramo D-E		1.00	1.00	2.26	-	2.85	6.44		
h)	En muros eje A tramo 1-2		12.00	1.00	2.13	-	2.85	72.85		
i)	En muros eje E tramo 1-2		12.00	1.00	2.13	-	2.85	72.85		
j)	Descuento por tribunas eje A		-1.00	1.00	32.60	-	0.80	-26.08		
k)	Descuento por tribunas eje E		-1.00	1.00	27.00	-	0.80	-21.60		
m)	TARRAJEO EXTERIOR		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
n)	En muros eje 7 tramo A-B		2.00	1.00	2.26	-	2.85	12.88		

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
ñ)	En muros eje 7 tramo B-D		4.00	1.00	2.29	-	2.85	26.11		
o)	En muros eje 7 tramo D-E		1.00	1.00	2.26	-	2.85	6.44		
p)	En muros eje 1 tramo A-B		2.00	1.00	2.26	-	2.85	12.88		
q)	En muros eje 1 tramo B-D		4.00	1.00	2.29	-	2.85	26.11		
r)	En muros eje 1 tramo D-E		1.00	1.00	2.26	-	2.85	6.44		
s)	En muros eje A tramo 1-2		12.00	1.00	2.13	-	2.85	72.85		
t)	En muros eje E tramo 1-2		12.00	1.00	2.13	-	2.85	72.85		
1.4.2.2	TARRAJEO DE SUPERFICE DE COLUMNAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, E=1.5 CM								33.80	m²
a)	Ejes 1 y 7		11.00	2.00	0.20	-	2.85	12.54		
b)	Ejes A y E		18.00	2.00	0.20	-	2.85	20.52		
c)	Bordes de Puertas		2.00	1.00	-	0.13	2.85	0.74		
1.4.2.3	TARRAJEO DE SUPERFICE DE VIGAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, E=1.5 CM								33.20	m²
a)	Ejes 1 y 7		6.00	2.00	2.26	-	0.20	5.42		
b)	Ejes 1 y 7		8.00	2.00	2.29	-	0.20	7.33		
c)	Ejes A y E		24.00	2.00	2.13	-	0.20	20.45		
1.4.3.1.1	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL								143.30	m²
a)	Vereda interior		1.00	1.00	-	-	95.30	95.30		
b)	Vereda exterior		2.00	1.00	24.00	1.00	-	48.00		
1.4.3.1.2	EMPEDRADO DE VEREDAS								143.30	m²
a)	Vereda interior		1.00	1.00	-	-	95.30	95.30		
b)	Vereda exterior		2.00	1.00	24.00	1.00	-	48.00		
1.4.3.1.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VEREDAS								8.98	m²
a)	Juntas Vereda Interior		19.00	1.00	0.90	-	0.20	3.42		
b)	Juntas Vereda Interior		1.00	1.00	2.10	-	0.20	0.42		
c)	Juntas Vereda Interior		14.00	1.00	0.80	-	0.20	2.24		
d)	Juntas Vereda Interior		1.00	1.00	0.50	-	0.20	0.10		
e)	Juntas Vereda Exterior		14.00	1.00	1.00	-	0.20	2.80		
1.4.3.1.4	VEREDA DE CONCRETO F'C=175 KG/CM2 E=0.10 M INC. BRUÑAS								49.00	m²
a)	Vereda interior		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
b)	Vereda exterior		2.00	1.00	24.00	1.00	-	48.00		
1.4.3.1.5	JUNTAS ASFÁLTICAS								90.90	m
a)	Juntas Vereda Interior		19.00	1.00	0.90	-	-	17.10		
b)	Juntas Vereda Interior		1.00	1.00	2.10	-	-	2.10		
c)	Juntas Vereda Interior		14.00	1.00	0.80	-	-	11.20		
d)	Juntas Vereda Interior		1.00	1.00	0.50	-	-	0.50		
e)	Juntas Vereda Exterior		14.00	1.00	1.00	-	-	14.00		
f)	Juntas Perimetrales		2.00	1.00	23.00	-	-	46.00		
1.4.3.1.6	CURADO DE CONCRETO								95.30	m²

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	Vereda interior		1.00	1.00	-	-	95.30	95.30		
1.4.4.1	PUERTA METÁLICA DE INGRESO DE 2.49X2.85 M INC. PINTURA ANTICORROSIVA Y CERRADURA								2.00	und
a)	Puerta de acceso PM-1		2.00	1.00	-	-	-	2.00		
1.4.4.2	CERCO CON MALLA OLÍMPICA GALVANIZADA DE 2"X2", Nº 10, ANGULAR DE 1 1/2"X1 1/2"X3/16"								415.58	m²
a)	Ejes 1 y 7 sobre viga V -101		2.00	1.00	22.30	-	2.40	107.04		
b)	Ejes 1 y 7 en arco		2.00	1.00	-	-	66.91	133.82		
c)	Ejes A y E		6.00	2.00	5.20	-	2.80	174.72		
1.4.4.3	POSTES PARA MALLA OLÍMPICA CON TUBO DE FºGº Ø=2" DE E=2MM								19.64	und
a)	Ejes 1 y 7 sobre viga V -101		14.00	0.17	2.40	-	-	5.71		
b)	Ejes 1 y 7 sobre viga V -101		4.00	0.17	2.05	-	-	1.39		
c)	Ejes 1 y 7 sobre viga V -101		4.00	0.17	3.39	-	-	2.31		
d)	Ejes 1 y 7 sobre viga V -101		4.00	0.17	4.15	-	-	2.82		
e)	Ejes 1 y 7 sobre viga V -101		2.00	0.17	4.39	-	-	1.49		
f)	Ejes 1 y 7 sobre viga V -101		14.00	0.17	2.40	-	-	5.92		
1.4.5.1	VIDRIO NACIONAL DOBLE APRA FACHADA								350.00	m²
a)	FACHADA		2.00	1.00	25.00	-	7.00	350.00		
1.4.6.1	PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES 2 MANOS								189.87	m²
a)	PINTURA INTERIOR EN MUROS		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
b)	En muros eje 7 tramo A-B		2.00	1.00	2.26	-	2.85	12.88		
c)	En muros eje 7 tramo B-D		4.00	1.00	2.29	-	2.85	26.11		
d)	En muros eje 7 tramo D-E		1.00	1.00	2.26	-	2.85	6.44		
e)	En muros eje 1 tramo A-B		2.00	1.00	2.26	-	2.85	12.88		
f)	En muros eje 1 tramo B-D		4.00	1.00	2.29	-	2.85	26.11		
g)	En muros eje 1 tramo D-E		1.00	1.00	2.26	-	2.85	6.44		
h)	En muros eje A tramo 1-2		12.00	1.00	2.13	-	2.85	72.85		
i)	En muros eje E tramo 1-2		12.00	1.00	2.13	-	2.85	72.85		
j)	Descuento por tribunas eje A		-1.00	1.00	32.60	-	0.80	-26.08		
k)	Descuento por tribunas eje E		-1.00	1.00	27.00	-	0.80	-21.60		
1.4.6.2	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES 2 MANOS								237.55	m²

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	PINTURA EXTERIOR EN MUROS		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
b)	En muros eje 7 tramo A-B		2.00	1.00	2.26	-	2.85	12.88		
c)	En muros eje 7 tramo B-D		4.00	1.00	2.29	-	2.85	26.11		
d)	En muros eje 7 tramo D-E		1.00	1.00	2.26	-	2.85	6.44		
e)	En muros eje 1 tramo A-B		2.00	1.00	2.26	-	2.85	12.88		
f)	En muros eje 1 tramo B-D		4.00	1.00	2.29	-	2.85	26.11		
g)	En muros eje 1 tramo D-E		1.00	1.00	2.26	-	2.85	6.44		
h)	En muros eje A tramo 1-2		12.00	1.00	2.13	-	2.85	72.85		
i)	En muros eje E tramo 1-2		12.00	1.00	2.13	-	2.85	72.85		
1.4.6.3	PINTURA LATEX INTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS								35.87	m²
a)	COLUMNAS DE CONFINAMIENTO PARA ALBAÑILER		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
b)	Ejes 1 y 7		11.00	1.00	0.20	-	2.85	6.27		
c)	Ejes A y E		18.00	1.00	0.20	-	2.85	10.26		
d)	Bordes de Puertas		2.00	1.00	-	0.13	2.85	0.74		
e)	VIGAS DE CONFINAMIENTO PARA ALBAÑILER		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
f)	Ejes 1 y 7		6.00	1.00	2.26	-	0.20	2.71		
g)	Ejes 1 y 7		8.00	1.00	2.29	-	0.20	3.66		
h)	Ejes A y E		24.00	1.00	2.13	-	0.20	10.22		
1.4.6.4	PINTURA LATEX EXTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS								35.13	m²
a)	COLUMNAS DE CONFINAMIENTO PARA ALBAÑILER		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
b)	Ejes 1 y 7		11.00	1.00	0.20	-	2.85	6.27		
c)	Ejes A y E		18.00	1.00	0.20	-	2.85	10.26		
d)	VIGAS DE CONFINAMIENTO PARA ALBAÑILER		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
e)	Ejes 1 y 7		6.00	1.00	2.26	-	0.20	2.71		
f)	Ejes 1 y 7		8.00	1.00	2.29	-	0.20	3.66		
g)	Ejes A y E		24.00	1.00	2.13	-	0.20	10.22		
1.4.7.1.1	CORTE SUPERFICIAL MANUAL E=20CM								75.00	m²
a)	GRASS LATERA		1.00	1.00	30.00	2.50	-	75.00		
1.4.7.1.2	SEMBRIO DE GRASS INC ARBOLES								75.00	m²
a)	GRASS LATERA		1.00	1.00	30.00	2.50	-	75.00		
1.5.1.1	ACOMETIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN INC. PAGO A CONCESIONARIA								1.00	glb

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	ACOMETIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN INC. PAGO A CONCESIONARIA		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.5.2.1.1	SALIDA DE TECHO PARA REFLECTOR								8.00	pto
a)	SALIDA DE TECHO PARA REFLECTOR		8.00	1.00	-	-	-	8.00		
1.5.2.1.2	CAJA DE PASO OCTOGONAL DE FºGº DE 100X55MM								8.00	und
a)	CAJA DE PASO OCTOGONAL DE FºGº DE 100x55mm		8.00	1.00	-	-	-	8.00		
1.5.2.2.1	TUBERÍA PVC-P PESADO DE 25 MM								172.30	m
a)	Del medidor al TD-G		1.00	1.00	36.60	-	-	36.60		
b)	Circuito 1		1.00	1.00	55.60	-	-	55.60		
c)	Circuito 2		1.00	1.00	67.60	-	-	67.60		
d)	Sistema Puesta a Tierra		1.00	1.00	12.50	-	-	12.50		
1.5.2.3.1	CONDUCTOR N2XH DE 6 MM2								261.66	m
a)	Del medidor al TD-G		2.00	1.00	38.43	-	-	76.86		
b)	Circuito 1		2.00	1.00	39.90	-	-	79.80		
c)	Circuito 2		2.00	1.00	52.50	-	-	105.00		
1.5.2.3.2	CONDUCTOR VULCANIZADO NLT DE 4 MM2								73.92	m
a)	Circuito 1		2.00	1.00	18.48	-	-	36.96		
b)	Circuito 2		2.00	1.00	18.48	-	-	36.96		
1.5.2.3.3	CABLE DE COBRE DESNUDO DE 6MM2								13.13	m
a)	CABLE DE COBRE DESNUDO DE 6mm2		1.00	1.00	13.13	-	-	13.13		
1.5.2.4.1	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CAJA METÁLICA DE 12 POLOS								1.00	und
a)	TD-G		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.5.2.5.1	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2X32A								3.00	und
a)	General		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
b)	Circuito 1		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
c)	General		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.5.2.5.2	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2X20A								2.00	und
a)	Circuito 3		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
b)	Circuito 3		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.5.3.1	EXCAVACIÓN DE HOYO PARA POZO DE PUESTA A TIERRA								3.00	m³
a)	Pozo de puesta a tierra		1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00		
1.5.3.2	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA								1.00	und
a)	Sistema de puesta a tierra		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.5.4.1	LUMINARIA HIGH BAY LED 1X150W								15.00	und
a)	LUMINARIA REFLECTOR DE 400 W DE HALOGENURO		1.00	15.00	-	-	-	15.00		
1.5.4.2	LUMINARIA FLUORESCENTE LINEAL 2X40WATT								20.00	und

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	LUMINARIA FLUORESCENTE LINEAL 2X40WATT		20.00	1.00	-	-	-	20.00		
1.5.4.3	LUMINARIA HERMETICA PARA ADOSAR CON 2 CAMPANAS LET DE 16 WATT IP 65								2.00	und
a)	LUMINARIA HERMETICA PARA ADOSAR CON 2 CAMPANAS LET DE 16 WATT IP 65		2.00	1.00	-	-	-	2.00		
1.6.1.1.1	INODORO TANQUE BAJO INC. INSTALACIÓN								4.00	und
a)	INODORO TANQUE BAJO INC. INSTALACIÓN		4.00	1.00	-	-	-	4.00		
1.6.1.1.2	LAVATORIO DE LOSA COLOR NACIONAL C/PEDESTAL INC. INSTALACIÓN								4.00	und
a)	LAVATORIO DE LOSA COLOR NACIONAL C/PEDESTAL INC. INSTALACI		4.00	1.00	-	-	-	4.00		
1.6.1.1.3	URINARIO TIPO PICO BLANCO INC. INSTALACIÓN								1.00	und
a)	URINARIO TIPO PICO BLANCO INC. INSTALACIÓN		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.6.2.1.1	SALIDAS DE AGUA FRÍA CON TUBERÍA PVC-SAP DE 1/2"								13.00	pto
a)	SALIDAS DE AGUA FRÍA CON TUBERÍA PVC-SAP DE 1/2"		13.00	1.00	-	-	-	13.00		
1.6.2.2.1	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS								1.00	m
a)	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.6.2.2.2	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO								1.92	m³
a)	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COM		1.92	1.00	-	-	-	1.92		
1.6.2.2.3	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO								16.04	m
a)	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO		16.04	1.00	-	-	-	16.04		
1.6.2.2.4	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 M								6.42	m²
a)	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m		6.42	1.00	-	-	-	6.42		
1.6.2.2.5	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL								1.92	m³

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANU		1.92	1.00	-	-	-	1.92		
1.6.2.2.6	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 1/2"								17.30	m
a)	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 1/2"		17.30	1.00	-	-	-	17.30		
1.6.2.2.7	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 3/4"								8.65	m
a)	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 3/4"		8.65	1.00	-	-	-	8.65		
1.6.2.3.1	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS								8.80	m
a)	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS		8.80	1.00	-	-	-	8.80		
1.6.2.3.2	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO								1.06	m³
a)	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COM		1.06	1.00	-	-	-	1.06		
1.6.2.3.3	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO								8.80	m
a)	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO		8.80	1.00	-	-	-	8.80		
1.6.2.3.4	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 M								3.52	m²
a)	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m		3.52	1.00	-	-	-	3.52		
1.6.2.3.5	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL								1.06	m³
a)	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANU		1.06	1.00	-	-	-	1.06		
1.6.2.3.6	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 3/4"								9.25	m
a)	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 3/4"		9.25	1.00	-	-	-	9.25		
1.6.2.3.7	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 1"								6.00	m
a)	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 1"		6.00	1.00	-	-	-	6.00		
1.6.2.4.1	CODO PVC SAP DE 90° X 1/2"								22.00	und
a)	CODO PVC SAP DE 90° x 1/2"		22.00	1.00	-	-	-	22.00		
1.6.2.4.2	CODO PVC SAP DE 90° X 3/4"								11.00	und
a)	CODO PVC SAP DE 90° x 3/4"		11.00	1.00	-	-	-	11.00		
1.6.2.4.3	TEE PVC SAP DE 1/2"								4.00	und
a)	TEE PVC SAP DE 1/2"		4.00	1.00	-	-	-	4.00		

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
1.6.2.4.4	TEE PVC SAP DE 3/4"								8.00	und
a)	TEE PVC SAP DE 3/4"		8.00	1.00	-	-	-	8.00		
1.6.2.4.5	TEE PVC SAP DE 1"								1.00	und
a)	TEE PVC SAP DE 1"		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.6.2.4.6	REDUCCIÓN PVC DE 3/4" A 1/2"								9.00	und
a)	REDUCCIÓN PVC DE 3/4" A 1/2"		9.00	1.00	-	-	-	9.00		
1.6.2.4.7	REDUCCIÓN PVC DE 1" A 3/4"								1.00	und
a)	REDUCCIÓN PVC DE 1" A 3/4"		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.6.2.5.1	VÁLVULA DE PASO DE 3/4"								6.00	und
a)	VÁLVULA DE PASO DE 3/4"		6.00	1.00	-	-	-	6.00		
1.6.2.5.2	CAJAS PARA VÁLVULA DE PASO								3.00	und
a)	CAJAS PARA VÁLVULA DE PASO		3.00	1.00	-	-	-	3.00		
1.6.2.6.1	EMPALME A RED EXISTENTE DE AGUA								3.00	und
a)	EMPALME A RED EXISTENTE DE AGUA		3.00	1.00	-	-	-	3.00		
1.6.2.6.2	PRUEBA HIDRÁULICA DE AGUA FRÍA Y DESINFECCIÓN DE TUBERÍA								25.00	m
a)	PRUEBA HIDRÁULICA DE AGUA FRÍA Y DESINFECCIÓN DE TUBERÍA		25.00	1.00	-	-	-	25.00		
1.6.3.1.1	SALIDAS DE DESAGÜE CON TUBERÍA PVC-SAL DE 2"								9.00	pto
a)	SALIDAS DE DESAGÜE CON TUBERÍA PVC-SAL D		9.00	1.00	-	-	-	9.00		
1.6.3.1.2	SALIDAS DE DESAGÜE CON TUBERÍA PVC-SAL DE 4"								6.00	pto
a)	SALIDAS DE DESAGÜE CON TUBERÍA PVC-SAL D		6.00	1.00	-	-	-	6.00		
1.6.3.1.3	SALIDAS DE VENTILACIÓN CON TUBERÍA PVC-SAL DE 2"								6.00	pto
a)	SALIDAS DE VENTILACIÓN CON TUBERÍA PVC-SAL D		6.00	1.00	-	-	-	6.00		
1.6.3.2.1	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS								18.83	m
a)	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS		18.83	1.00	-	-	-	18.83		
1.6.3.2.2	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO								5.65	m³
a)	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COM		5.65	1.00	-	-	-	5.65		
1.6.3.2.3	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO								18.83	m

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO		18.83	1.00	-	-	-	18.83		
1.6.3.2.4	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 M								11.30	m²
a)	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m		11.30	1.00	-	-	-	11.30		
1.6.3.2.5	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL								5.65	m³
a)	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANU		5.65	1.00	-	-	-	5.65		
1.6.3.2.6	TUBERÍA PVC-SAL DE 2"								9.70	m
a)	TUBERÍA PVC-SAL DE 2"		9.70	1.00	-	-	-	9.70		
1.6.3.2.7	TUBERÍA PVC-SAL DE 4"								60.80	m
a)	TUBERÍA PVC-SAL DE 4"		60.80	1.00	-	-	-	60.80		
1.6.3.2.8	TUBERÍA PVC-SAL DE 2" VENTILACIÓN								18.80	m
a)	TUBERIA PVC-SAL DE 2" VENTILACIÓN		18.80	1.00	-	-	-	18.80		
1.6.3.3.1	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS								16.20	m
a)	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS		16.20	1.00	-	-	-	16.20		
1.6.3.3.2	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO								4.86	m³
a)	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COM		4.86	1.00	-	-	-	4.86		
1.6.3.3.3	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO								16.20	m
a)	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO		16.20	1.00	-	-	-	16.20		
1.6.3.3.4	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 M								9.72	m²
a)	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m		9.72	1.00	-	-	-	9.72		
1.6.3.3.5	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL								4.86	m³
a)	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANU		4.86	1.00	-	-	-	4.86		
1.6.3.3.6	TUBERÍA PVC-SAL DE 4"								16.20	m

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	TUBERÍA PVC-SAL DE 4"		16.20	1.00	-	-	-	16.20		
1.6.3.4.1	CODO PVC SAL DE 45º X 2"								1.00	und
a)	CODO PVC SAL DE 45º x 2"		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.6.3.4.2	CODO PVC SAL DE 90º X 2"								21.00	und
a)	CODO PVC SAL DE 90º x 2"		21.00	1.00	-	-	-	21.00		
1.6.3.4.3	CODO PVC SAL DE 90º X 4"								2.00	und
a)	CODO PVC SAL DE 90º x 4"		2.00	1.00	-	-	-	2.00		
1.6.3.4.4	CODO DE VENTILACIÓN 4" X 2"								4.00	und
a)	CODO DE VENTILACIÓN 4" x 2"		4.00	1.00	-	-	-	4.00		
1.6.3.4.5	TEE SANITARIA PVC SAL DE 2"								3.00	und
a)	TEE SANITARIA PVC SAL DE 2"		3.00	1.00	-	-	-	3.00		
1.6.3.4.6	TEE SANITARIA PVC SAL DE 4" X 2"								1.00	und
a)	TEE SANITARIA PVC SAL DE 4" x 2"		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.6.3.4.7	YEE PVC SAL DE 2"								2.00	und
a)	YEE PVC SAL DE 2"		2.00	1.00	-	-	-	2.00		
1.6.3.4.8	YEE PVC SAL DE 4"								4.00	und
a)	YEE PVC SAL DE 4"		4.00	1.00	-	-	-	4.00		
1.6.3.4.9	YEE PVC SAL DE 4" X 2"								5.00	und
a)	YEE PVC SAL DE 4" x 2"		5.00	1.00	-	-	-	5.00		
1.6.3.4.10	TRAMPA PVC SAL DE 2"								4.00	und
a)	TRAMPA PVC SAL DE 2"		4.00	1.00	-	-	-	4.00		
1.6.3.4.11	REGISTRO ROSCADO DE BRONCE DE 4"								2.00	und
a)	REGISTRO ROSCADO DE BRONCE DE 4"		2.00	1.00	-	-	-	2.00		
1.6.3.4.12	SUMIDERO DE 2"								2.00	und
a)	SUMIDERO DE 2"		2.00	1.00	-	-	-	2.00		
1.6.3.4.13	SOMBRERO DE VENTILACIÓN PVC DE 2"								2.00	und
a)	SOMBRERO DE VENTILACIÓN PVC DE 2"		2.00	1.00	-	-	-	2.00		
1.6.3.5.1	CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO 12"X24"								3.00	und
a)	CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO 12"x24"		3.00	1.00	-	-	-	3.00		
1.6.4.1.1	TUBERÍA PVC SAP DE 4" PARA MONTANTES DE AGUAS PLUVIALES								28.00	m
a)	TUBERÍA PVC SAP DE 4" PARA MONTANTES DE AGUAS PLUVIALES		28.00	1.00	-	-	-	28.00		

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
1.6.4.1.2	CODO PVC SAP DE 45º X 4" EN MONTANTES PLUVIALES								16.00	und
a)	CODO PVC SAP DE 45º x 4" EN MONTANTES PLUVIALES		16.00	1.00	-	-	-	16.00		
1.6.4.1.3	CODO PVC SAP DE 90º X 4" EN MONTANTES PLUVIALES								4.00	und
a)	CODO PVC SAP DE 90º x 4" EN MONTANTES PLUVIALES		4.00	1.00	-	-	-	4.00		
1.6.4.1.4	CANALETA DE PLANCHA GALVANIZADA DE 8" CON SUJETADORES @ 0.60 M								67.60	m
a)	CANALETA DE PLANCHA GALVANIZADA DE 8" CON SUJETADORES @ 0.60		67.60	1.00	-	-	-	67.60		
1.6.4.1.5	ABRAZADERA DE MONTANTES CON PLATINA DE FIERRO								8.00	und
a)	ABRAZADERA DE MONTANTES CON PLATINA DE FIERRO		8.00	1.00	-	-	-	8.00		
1.7.1.1.1.1	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO								10.14	m³
a)	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COM		10.14	1.00	-	-	-	10.14		
1.7.1.1.1.2	RELLENO CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO								4.71	m³
a)	RELLENO CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO		4.71	1.00	-	-	-	4.71		
1.7.1.1.1.3	PERFILADO Y COMPACTADO DE ZANJA								8.71	m²
a)	PERFILADO Y COMPACTADO DE ZANJA		8.71	1.00	-	-	-	8.71		
1.7.1.1.1.4	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30M								7.06	m³
a)	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30m		7.06	1.00	-	-	-	7.06		
1.7.1.1.1.5	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D<5 KM)								7.06	m³
a)	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D<5 KM)		7.06	1.00	-	-	-	7.06		
1.7.1.1.2.1.1	SOLADO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:12 DE 4"								8.71	m²
a)	SOLADO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:12 DE		8.71	1.00	-	-	-	8.71		
1.7.1.1.2.1.2	CURADO DE CONCRETO								8.71	m²

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	CURADO DE CONCRETO		8.71	1.00	-	-	-	8.71		
1.7.1.1.2.2.1	CONCRETO C:H 1:8 + 25% P.M. PARA SOBRECIMIENTOS								1.16	m³
a)	CONCRETO C:H 1:8 + 25% P.M. PARA SOBRECIMIENTOS		1.16	1.00	-	-	-	1.16		
1.7.1.1.2.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN SOBRECIMIENTOS								17.36	m²
a)	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN SOBRECIMIENTOS		17.36	1.00	-	-	-	17.36		
1.7.1.1.2.2.3	CURADO DE CONCRETO								17.36	m²
a)	CURADO DE CONCRETO		17.36	1.00	-	-	-	17.36		
1.7.1.1.2.3.1	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL								16.52	m²
a)	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL		16.52	1.00	-	-	-	16.52		
1.7.1.1.2.3.2	FALSO PISO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:8 DE E=10 CM								16.52	m²
a)	FALSO PISO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:8 DE e=10 cm		16.52	1.00	-	-	-	16.52		
1.7.1.1.2.3.3	CURADO DE CONCRETO								16.52	m²
a)	CURADO DE CONCRETO		16.52	1.00	-	-	-	16.52		
1.7.1.1.3.1.1	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 PARA ZAPATAS								2.30	m³
a)	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA ZAPATAS		2.30	1.00	-	-	-	2.30		
1.7.1.1.3.1.3	CURADO DE CONCRETO								5.76	m²
a)	CURADO DE CONCRETO		5.76	1.00	-	-	-	5.76		
1.7.1.1.3.2.1	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 PARA VIGAS DE CONEXIÓN								2.11	m³
a)	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS DE CONEXIÓN		2.11	1.00	-	-	-	2.11		
1.7.1.1.3.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS DE CONEXIÓN								16.90	m²
a)	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS DE CONEXI		16.90	1.00	-	-	-	16.90		
1.7.1.1.3.2.3	ACERO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONEXIÓN								206.73	m³
1.7.1.1.3.2.4	CURADO DE CONCRETO								16.90	m²
a)	CURADO DE CONCRETO		16.90	1.00	-	-	-	16.90		
1.7.1.1.3.3.1	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 PARA COLUMNAS								0.96	m³

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA COLUMNA		0.96	1.00	-	-	-	0.96		
1.7.1.1.3.3.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS								12.48	m²
a)	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUM		12.48	1.00	-	-	-	12.48		
1.7.1.1.3.3.4	CURADO DE CONCRETO								12.48	m²
a)	CURADO DE CONCRETO		12.48	1.00	-	-	-	12.48		
1.7.1.1.3.4.1	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 PARA VIGAS								1.69	m³
a)	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS		1.69	1.00	-	-	-	1.69		
1.7.1.1.3.4.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS								17.35	m²
a)	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS		17.35	1.00	-	-	-	17.35		
1.7.1.1.3.4.4	CURADO DE CONCRETO								17.35	m²
a)	CURADO DE CONCRETO		17.35	1.00	-	-	-	17.35		
1.7.1.1.3.5.1	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 PARA COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES								0.17	m³
a)	CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIAL		0.17	1.00	-	-	-	0.17		
1.7.1.1.3.5.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES								2.52	m²
a)	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIAL		2.52	1.00	-	-	-	2.52		
1.7.1.1.3.5.4	CURADO DE CONCRETO								2.52	m²
a)	CURADO DE CONCRETO		2.52	1.00	-	-	-	2.52		
1.7.1.2.1.1	MURO SOGA DE LADRILLO KING KONG C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5								19.02	m²
a)	MURO SOGA DE LADRILLO KING KONG C/MORTERO MEZCLA		19.02	1.00	-	-	-	19.02		
1.7.1.2.1.2	TABIQUERÍA DE DRYWALL UNA CARA CON SUPERBOARD SOBRE ESTRUCTURA METÁLICA								17.33	m²

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	TABIQUERIA DE DRYWALL UNA CARA CON SUPERBOARD SOBRE ESTRUCTURA METÁLICA		17.33	1.00	-	-	-	17.33		
1.7.1.2.2.1	TARRAJEO EN MUROS, INTERIOR Y EXTERIOR C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5, E=1.5 CM								46.68	m²
a)	TARRAJEO EN MUROS, INTERIOR Y EXTERIOR C/MORTERO MEZCLA		46.68	1.00	-	-	-	46.68		
1.7.1.2.2.2	TARRAJEO DE SUPERFICE DE COLUMNAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, E=1.5 CM								11.38	m²
a)	TARRAJEO DE SUPERFICE DE COLUMNAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:		11.38	1.00	-	-	-	11.38		
1.7.1.2.2.3	TARRAJEO DE SUPERFICE DE VIGAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, E=1.5 CM								13.77	m²
a)	TARRAJEO DE SUPERFICE DE VIGAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=		13.77	1.00	-	-	-	13.77		
1.7.1.2.2.4	VESTIDURA DE DERRAMES EN VANOS, MEZCLA C:M 1:5, A=0.15 M, E=1.5 CM								30.90	m
a)	VESTIDURA DE DERRAMES EN VANOS, MEZCLA C:M 1:5, A=0.15 m, e		30.90	1.00	-	-	-	30.90		
1.7.1.2.2.5	BRUÑAS								28.85	m
a)	BRUÑAS		28.85	1.00	-	-	-	28.85		
1.7.1.2.3.1	CIELORRASO CON BALDOSA ACÚSTICA								14.48	m²
a)	CIELORRASO CON BALDOSA ACÚSTICA		14.48	1.00	-	-	-	14.48		
1.7.1.2.4.1.1	CONTRAPISO DE 50 MM, MEZCLA C:H 1:5								16.52	m²
a)	CONTRAPISO DE 50 mm, MEZCLA C:H 1:5		16.52	1.00	-	-	-	16.52		
1.7.1.2.4.2.1	PISO DE CERÁMICO ANTIDESLIZANTE DE 40X40 CM DE COLOR								16.52	m²
a)	PISO DE CERÁMICO ANTIDESLIZANTE DE 40x40 cm DE COLOR		16.52	1.00	-	-	-	16.52		
1.7.1.2.4.3.1	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL								27.41	m²
a)	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL		27.41	1.00	-	-	-	27.41		

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
1.7.1.2.4.3.2	EMPEDRADO DE VEREDAS								27.41	m²
a)	EMPEDRADO DE VEREDAS		27.41	1.00	-	-	-	27.41		
1.7.1.2.4.3.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VEREDAS								7.94	m²
a)	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VERED		7.94	1.00	-	-	-	7.94		
1.7.1.2.4.3.4	VEREDA DE CONCRETO F'C=175 KG/CM2 E=0.10 M INC. BRUÑAS								27.41	m²
a)	VEREDA DE CONCRETO f'c=175 kg/cm2 e=0.10 m INC. BRUÑ		27.41	1.00	-	-	-	27.41		
1.7.1.2.4.3.5	JUNTAS ASFÁLTICAS								48.30	m
a)	JUNTAS ASFÁLTICAS		48.30	1.00	-	-	-	48.30		
1.7.1.2.4.3.6	CURADO DE CONCRETO								27.41	m²
a)	CURADO DE CONCRETO		27.41	1.00	-	-	-	27.41		
1.7.1.2.5.1	CONTRAZÓCALO DE CERÁMICO H=10 CM								15.80	m
a)	CONTRAZÓCALO DE CERÁMICO h=10 cm		15.80	1.00	-	-	-	15.80		
1.7.1.2.6.1	PUERTAS DE MADERA DE TABLERO REBAJADO AGUANO INC. MARCO								1.89	m²
a)	PUERTAS DE MADERA DE TABLERO REBAJADO AGUANO IN		1.89	1.00	-	-	-	1.89		
1.7.1.2.6.2	VENTANAS DE MADERA AGUANO								6.90	m²
a)	VENTANAS DE MADERA AGUANO		6.90	1.00	-	-	-	6.90		
1.7.1.2.7.1	BISAGRA ALUMINIZADA CAPUCHINA DE 4"X4"								4.00	und
a)	BISAGRA ALUMINIZADA CAPUCHINA DE 4"x4"		4.00	1.00	-	-	-	4.00		
1.7.1.2.7.2	CERRADURA PARA PUERTA EXTERIOR TIPO PARCHE 3 GOLPES								1.00	und
a)	CERRADURA PARA PUERTA EXTERIOR TIPO PARCHE 3 GOLPES		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.7.1.2.8.1	VIDRIO LAMINADO DE 6MM								3.40	m²
a)	VIDRIO LAMINADO DE 6mm		3.40	1.00	-	-	-	3.40		
1.7.1.2.9.1	PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES 2 MANOS								23.34	m²
a)	PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES 2 MANOS		23.34	1.00	-	-	-	23.34		
1.7.1.2.9.2	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES 2 MANOS								40.67	m²

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES 2 MANOS		40.67	1.00	-	-	-	40.67		
1.7.1.2.9.3	PINTURA LATEX EN INTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS								11.53	m²
a)	PINTURA LATEX EN INTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS		11.53	1.00	-	-	-	11.53		
1.7.1.2.9.4	PINTURA LATEX EXTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS								13.62	m²
a)	PINTURA LATEX EXTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS		13.62	1.00	-	-	-	13.62		
1.7.1.2.9.5	PINTURA BARNIZ EN PUERTAS DE MADERA								1.89	m²
a)	PINTURA BARNIZ EN PUERTAS DE MADERA		1.89	1.00	-	-	-	1.89		
1.7.1.2.9.6	PINTURA BARNIZ EN VENTANAS DE MADERA								6.90	m²
a)	PINTURA BARNIZ EN VENTANAS DE MADERA		6.90	1.00	-	-	-	6.90		
1.7.1.3.1.1.1	SALIDA DE CENTRO DE LUZ EN TECHO								4.00	pto
a)	SALIDA DE CENTRO DE LUZ EN TECHO		4.00	1.00	-	-	-	4.00		
1.7.1.3.1.1.2	SALIDA DE PARED PARA INTERRUPTOR DOBLE								1.00	pto
a)	SALIDA DE PARED PARA INTERRUPTOR DOBL		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.7.1.3.1.1.3	SALIDA TOMACORRIENTE DOBLE CON PUESTA A TIERRA PARED/TECHO								5.00	pto
a)	SALIDA TOMACORRIENTE DOBLE CON PUESTA A TIERRA PA		5.00	1.00	-	-	-	5.00		
1.7.1.3.1.2.1	TUBERÍA PVC-P PESADO DE 20 MM								53.60	m
a)	TUBERIA PVC-P PESADO DE 20 mm		53.60	1.00	-	-	-	53.60		
1.7.1.3.1.3.1	CONDUCTOR NH-80 DE 2.5 MM2								22.05	m
a)	CONDUCTOR NH-80 DE 2.5 mm2		22.05	1.00	-	-	-	22.05		
1.7.1.3.1.3.2	CONDUCTOR NH-80 DE 4 MM2								41.27	m
a)	CONDUCTOR NH-80 DE 4 mm2		41.27	1.00	-	-	-	41.27		
1.7.1.3.1.3.3	CONDUCTOR N2XH DE 4 MM2								94.50	m
a)	CONDUCTOR N2XH DE 4 mm2		94.50	1.00	-	-	-	94.50		
1.7.1.3.1.4.1	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CAJA METÁLICA DE 8 POLOS								1.00	und

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CAJA METÁLICA DE 8 POLO		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.7.1.3.1.5.1	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2X16A								1.00	und
a)	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x16A		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.7.1.3.1.5.2	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2X20A								2.00	und
a)	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A		2.00	1.00	-	-	-	2.00		
1.7.1.3.1.5.3	INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE 2X25A								1.00	und
a)	INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE 2x25A		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.7.1.4.1	MOTORES Y EQUIPAMIENTO CUARTO DE MAQUINAS								1.00	gbl
a)	MOTORES Y EQUIPAMIENTO CUARTO DE MAQUI		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.7.2.1	INSTALACIONES ELECTRONICAS PARA EQUIPOS HIDROMETRICOS								60.00	pto
a)	INSTALACIONES ELECTRONICAS PARA EQUIPOS HIDROMETRICOS		60.00	1.00	-	-	-	60.00		
1.8.1.1.1	EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE JEFE DE LABORATORIO								1.00	gbl
a)	OFICINA DE JEFE DE LABORATO		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.8.1.2.1	EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE JEFE DE INVESTIGACION								1.00	gbl
a)	OFICINA DE JEFE DE INVESTIGACION		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.8.1.3.1	EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE INVESTIGACION - ALUMNOS								1.00	gbl
a)	EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE INVESTIGACION - ALU		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.8.1.4.1	EQUIPAMIENTO DE TALLER DE METALES								1.00	gbl
a)	EQUIPAMIENTO DE TALLER DE METALES		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.8.1.5.1	EQUIPAMIENTO DE TALLER DE ELECTRONICA								1.00	gbl
a)	EQUIPAMIENTO DE TALLER DE ELECTRONICA		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.8.1.6.1	EQUIPAMIENTO DE HALL - RECEPCION								1.00	gbl
a)	EQUIPAMIENTO DE HALL - RECEPCION		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.8.2.1.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE EQUIPOS HIDROMETRICOS								60.00	und

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	SUMINISTRO E INSTALACION DE EQUIPOS HIDROMET		60.00	1.00	-	-	-	60.00		
1.8.2.2.1	FABRICACION E INSTALACION DE MODELOS HIDRAULICOS A ESCALA								4.00	und
a)	FABRICACION E INSTALACION DE MODELOS HIDRAULICOS A ESCA		4.00	1.00	-	-	-	4.00		
1.9.1.1	CONTENEDORES HERMÉTICOS DE COLORES								4.00	und
a)	CONTENEDORES HERMÉTICOS DE COLORES		4.00	1.00	-	-	-	4.00		
1.9.1.2	CHARLAS DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL								8.00	mes
a)	CHARLAS DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTA		8.00	1.00	-	-	-	8.00		
1.9.1.3	MONITOREO AMBIENTAL								1.00	mes
a)	MONITOREO AMBIENTAL		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.9.2.1	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO								1.00	und
a)	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.9.3.1	DESMONTAJE DE OBRAS PROVISIONALES								1.00	glb
a)	DESMONTAJE DE OBRAS PROVISIONALES		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.9.3.2	LIMPIEZA FINAL DE OBRA								1,800.00	m²
a)	LIMPIEZA FINAL DE OBRA		1,800.00	1.00	-	-	-	1,800.00		
1.9.3.3	TRANSPORTE DE MATERIAL DESMONTADO								1.00	glb
a)	TRANSPORTE DE MATERIAL DESMONTADO		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.9.3.4	PLACA RECORDATORIA								1.00	und
a)	PLACA RECORDATORIA		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.9.4.1	VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE								2.00	und
a)	VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE		2.00	1.00	-	-	-	2.00		
1.9.4.2	DISEÑO DE MEZCLAS								6.00	und
a)	DISEÑO DE MEZCLAS		6.00	1.00	-	-	-	6.00		
1.9.4.3	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA CONCRETO								60.00	und
a)	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA CON		60.00	1.00	-	-	-	60.00		
1.9.4.4	PRUEBA DE DENSIDAD DE CAMPO								24.00	und

Item	Descripción	Ref.	N° Elem.	Cant.	Dimensiones			Parcial	Total	
					Largo	Ancho	Alto			
a)	PRUEBA DE DENSIDAD DE CAMPO		24.00	1.00	-	-	-	24.00		
1.9.4.5	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								2.00	und
a)	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		2.00	1.00	-	-	-	2.00		
1.9.4.6	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA SOLDADURA								20.00	und
a)	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA SOL		20.00	1.00	-	-	-	20.00		
1.9.4.7	PRUEBAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y PUESTA EN SERVICIO								1.00	und
a)	PRUEBAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y PUESTA E		1.00	1.00	-	-	-	1.00		
1.9.5.1	FLETE TERRESTRE CUSCO - UNSAAC								1.00	glb
a)	FLETE TERRESTRE CUSCO - ANANSAYA		1.00	1.00	-	-	-	1.00		

ANEXO 4.2:
DETALLE DE METRADOS

PLANILLA DE METRADOS DE ACERO DE REFUERZO

PROYECTO : SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, 2024

HECHO POR:
REVISADO POR:
FECHA: OCT DEL 2024

UBICACIÓN: PERAYOC - UNSAAC
DISTRITO : CUSCO PROVINCIA: CUSCO DEPARTAMENTO: CUSCO

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	ϕ	CANTIDAD		LONGITUD		PESO DE VARILLAS (kg)						TOTAL	UND
				ELEM. IGUALES	PIEZAS X ELEM.	POR PIEZA	TOTAL	1/4 "	3/8 "	1/2 "	5/8 "	3/4 "	1 "		
								0.222	0.580	1.000	1.552	2.235	3.973		
01	CREACION DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA EN LA FIC - UNSAAC														
01.03	ESTRUCTURAS														
01.03.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO														
01.03.03.01	ZAPATAS														
01.03.03.01.02	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN ZAPATAS													379.37	kg
	Z-1 A lo largo		5/8 "	4.00	5	1.21	24.20	0	0	0	37.56	0	0		
	Z-1 A lo ancho		5/8 "	4.00	5	1.21	24.20	0	0	0	37.56	0	0		
	Z-2 A lo largo		5/8 "	10.00	5	1.36	68.00	0	0	0	105.54	0	0		
	Z-2 A lo ancho		5/8 "	10.00	6	1.21	72.60	0	0	0	112.68	0	0		
	Z-3 A lo largo		5/8 "	6.00	4	1.11	26.64	0	0	0	41.35	0	0		
	Z-3 A lo ancho		5/8 "	6.00	5	0.96	28.80	0	0	0	44.70	0	0		
				SUBTOTAL				0.00	0.00	0.00	379.37	0.00	0.00		
01.03.03.02	VIGAS DE CONEXIÓN														
01.03.03.02.02	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONEXIÓN													1295.80	kg
	Refuerzo Longitudinal VC-01 superior		1/2 "	2	3	36.30	217.80	0	0	217.80	0	0	0		
	inferior		1/2 "	2	3	35.70	214.20	0	0	214.20	0	0	0		
	Refuerzo Transversal (estribos) VC-01		3/8 "	2	210	1.38	579.60	0	336.17	0	0	0	0		
	Refuerzo Longitudinal VC-02 superior		1/2 "	2	3	24.91	149.46	0	0	149.46	0	0	0		
	inferior		1/2 "	2	3	24.61	147.66	0	0	147.66	0	0	0		
	Refuerzo Transversal (estribos) VC-02		3/8 "	2	144	1.38	397.44	0	230.52	0	0	0	0		
				SUBTOTAL				0.00	566.68	729.12	0.00	0.00	0.00		
01.03.03.03	COLUMNAS														
01.03.03.03.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNAS													2515.57	kg
	Refuerzo Longitudinal C-1		3/4 "	14	4	5.13	287.28	0	0	0	0	642.07	0		
	Refuerzo Longitudinal C-1		5/8 "	14	8	5.13	574.56	0	0	0	891.72	0	0		
	Refuerzo Transversal (estribos) C-1		3/8 "	14	36	1.88	947.52	0	549.56	0	0	0	0		
	Refuerzo Longitudinal C-2		5/8 "	6	6	5.09	183.24	0	0	0	284.39	0	0		
	Refuerzo Transversal (estribos) C-2		3/8 "	6	36	1.18	254.88	0	147.83	0	0	0	0		
				SUBTOTAL				0.00	697.39	0.00	1176.11	642.07	0.00		
01.03.03.04	VIGAS														
01.03.03.04.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS													1234.01	kg
	Refuerzo Longitudinal V-101 superior		1/2 "	2	3	24.81	148.86	0	0	148.86	0	0	0		
	inferior		1/2 "	2	3	24.51	147.06	0	0	147.06	0	0	0		
	Refuerzo Transversal (estribos) V-101		3/8 "	2	140	1.28	358.40	0	207.87	0	0	0	0		
	Refuerzo Longitudinal V-102 superior		1/2 "	2	3	36.21	217.26	0	0	217.26	0	0	0		
	inferior		1/2 "	2	3	35.01	210.06	0	0	210.06	0	0	0		
	Refuerzo Transversal (estribos) V-102		3/8 "	2	204	1.28	522.24	0	302.90	0	0	0	0		
				SUBTOTAL				0.00	510.77	723.24	0.00	0.00	0.00		
01.03.03.05	COLUMNETAS DE MONTANTES DE AGUAS PLUVIALES														
01.03.03.05.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES													64.66	kg
	Refuerzo Longitudinal Columnetas Eje A		3/8 "	2	6	3.52	42.24	0	24.50	0	0	0	0		
	Refuerzo Transversal (estribos) Columnetas Eje A		1/4 "	2	21	0.84	35.28	7.83	0	0	0	0	0		
	Refuerzo Longitudinal Columnetas Eje E		3/8 "	2	6	3.52	42.24	0	24.50	0	0	0	0		
	Refuerzo Transversal (estribos) Columnetas Eje E		1/4 "	2	21	0.84	35.28	7.83	0	0	0	0	0		
				SUBTOTAL				15.66	49.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
01.03.03.06	COLUMNAS DE CONFINAMIENTO PARA ALBAÑILERÍA														
01.03.03.06.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO													495.90	kg
	Refuerzo Longitudinal en columnas CA-1 y CA-2		3/8 "	29	4	4.08	473.28	0	274.50	0	0	0	0		
	Refuerzo Transversal (estribos) columnas CA-1 y CA-2		1/4 "	29	31	0.70	629.30	139.70	0	0	0	0	0		
	Mechas de Anclaje CA-2		1/4 "	40	8	0.70	224.00	49.73	0	0	0	0	0		
	Mechas de Anclaje CA-1		1/4 "	18	8	1.00	144.00	31.97	0	0	0	0	0		
				SUBTOTAL				221.40	274.50	0.00	0.00	0.00	0.00		
01.03.03.07	VIGAS DE CONFINAMIENTO PARA ALBAÑILERÍA														

PLANILLA DE METRADOS DE ACERO DE REFUERZO

PROYECTO : SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, 2024

HECHO POR:
REVISADO POR:
FECHA: OCT DEL 2024

UBICACIÓN: PERAYOC - UNSAAC
DISTRITO : CUSCO PROVINCIA: CUSCO DEPARTAMENTO: CUSCO

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	ϕ	CANTIDAD		LONGITUD		PESO DE VARILLAS (kg)						TOTAL	UND
				ELEM. IGUALES	PIEZAS X ELEM.	POR PIEZA	TOTAL	1/4 "	3/8 "	1/2 "	5/8 "	3/4 "	1 "		
								0.222	0.580	1.000	1.552	2.235	3.973		
01.03.03.07.03	**ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONFINAMIENTO**													325.59	kg
	Refuerzo Longitudinal en vigas ejes 1 y 7		3/8 ''	2	4	5.38	43.00	0	24.94	0	0	0	0		
	Refuerzo Transversal (estribos) vigas de confinamiento		1/4 ''	2	34	0.70	47.60	10.57	0	0	0	0	0		
	Refuerzo Longitudinal en vigas ejes 1 y 7		3/8 ''	4	4	5.43	86.80	0	50.34	0	0	0	0		
	Refuerzo Transversal (estribos) vigas de confinamiento		1/4 ''	4	34	0.70	95.20	21.13	0	0	0	0	0		
	Refuerzo Longitudinal en vigas ejes 1 y 7		3/8 ''	2	4	2.91	23.28	0	13.50	0	0	0	0		
	Refuerzo Transversal (estribos) vigas de confinamiento		1/4 ''	2	17	0.70	23.80	5.28	0	0	0	0	0		
	Refuerzo Longitudinal en vigas ejes A y B		3/8 ''	12	4	4.90	235.20	0	136.42	0	0	0	0		
	Refuerzo Transversal (estribos) vigas de confinamiento		1/4 ''	12	34	0.70	285.60	63.40	0	0	0	0	0		
				SUBTOTAL				100.39	225.20	0.00	0.00	0.00	0.00		
				DESPERDICIOS				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
				Nº VARILLAS				50.00	43.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

ANEXO 5:
PRESUPUESTO

ANEXO 5.1:

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO DE OBRA

PROYECTO : SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, 2024

PROPIETARIO : LABORATORIO DE HIDRAULICA
UBICACION : DPTO:CUSCO PROV:CUSCO DIST:CUSCO LOC:UNSAAC - PERAYOC
FECHA PROYECTO : 16/09/2024

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
1	CREACION DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA EN LA FIC - UNSAAC					2130699.68
1.1	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD					64233.45
1.1.1	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES					24644.41
1.1.1.1	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES					14770.91
1.1.1.1.1	ALQUILER DE LOCAL PARA OFICINA DE RESIDENCIA Y ALMACÉN	mes	8	500	4000	
1.1.1.1.2	ALQUILER DE MÓDULO DE BAÑO PORTATIL TIPO DISAL O SIMILAR	mes	8	500	4000	
1.1.1.1.3	CERCO DE PROTECCIÓN CON ARPILLERA	m	160	35.91	5745.6	
1.1.1.1.4	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA DE 3.60x2.40 m	und	1	1025.31	1025.31	
1.1.1.2	INSTALACIONES PROVISIONALES					2000
1.1.1.2.1	AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN	glb	1	1000	1000	
1.1.1.2.2	ENERGÍA ELÉCTRICA PROVISIONAL	glb	1	1000	1000	
1.1.1.3	TRABAJOS PRELIMINARES					2917.5
1.1.1.3.1	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m²	750	3.89	2917.5	
1.1.1.4	MOVILIZACIÓN DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					4956
1.1.1.4.1	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1	4956	4956	
1.1.2	SEGURIDAD Y SALUD					39589.04
1.1.2.1	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO					36699.04
1.1.2.1.1	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD	mes	8	1500	12000	
1.1.2.1.2	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	glb	1	17913	17913	
1.1.2.1.3	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1	1125	1125	
1.1.2.1.4	SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA PARA CONSTRUCCIÓN (1.20x0.80m)	und	8	207.63	1661.04	
1.1.2.1.5	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA	glb	1	4000	4000	
1.1.2.2	PLAN DE CONTINGENCIA					2890
1.1.2.2.1	RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIA Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	glb	1	2890	2890	
1.2	EMPLAZAMIENTO					17192.5
1.2.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS					17192.5
1.2.1.1	EXCAVACION CON MAQUINARIA EN TERRENO SUELTO	m³	750	6.88	5160	
1.2.1.2	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m³	150	11.62	1743	
1.2.1.3	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30m	m³	650	5.91	3841.5	
1.2.1.4	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D<5 Km)	m³	650	9.92	6448	
1.3	ESTRUCTURAS					484623.06
1.3.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS					8579.89
1.3.1.1	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	83.12	51.91	4314.76	
1.3.1.2	RELLENO CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO	m³	34.94	32.92	1150.22	
1.3.1.3	PERFILADO Y COMPACTADO DE ZANJA	m²	57.34	10.12	580.28	
1.3.1.4	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30m	m³	62.63	25.96	1625.87	
1.3.1.5	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D<5 KM)	m³	62.63	14.51	908.76	
1.3.2	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE					2973.08
1.3.2.1	SOLADOS					2973.08
1.3.2.1.1	SOLADO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:12 DE 4"	m²	57.34	48.55	2783.86	
1.3.2.1.2	CURADO DE CONCRETO	m²	57.34	3.3	189.22	
1.3.3	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					119574.07
1.3.3.1	ZAPATAS					11169.66
1.3.3.1.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA ZAPATAS	m³	14.32	535.18	7663.78	
1.3.3.1.2	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN ZAPATAS	kg	379.37	8.93	3387.77	
1.3.3.1.3	CURADO DE CONCRETO	m²	35.79	3.3	118.11	
1.3.3.2	VIGAS DE CONEXIÓN					19570.42

1.3.3.2.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS DE CONEXIÓN	m³	13.85	570.94	7907.52	
1.3.3.2.2	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONEXIÓN	m³	1295.8	8.93	11571.49	
1.3.3.2.3	CURADO DE CONCRETO	m²	27.7	3.3	91.41	
1.3.3.3	COLUMNAS					39797.58
1.3.3.3.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA COLUMNAS	m³	14.15	631.09	8929.92	
1.3.3.3.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	m²	123.51	64.74	7996.04	
1.3.3.3.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNAS	kg	2515.57	8.93	22464.04	
1.3.3.3.4	CURADO DE CONCRETO	m²	123.51	3.3	407.58	
1.3.3.4	VIGAS					31307.4
1.3.3.4.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS	m³	13.25	631.09	8361.94	
1.3.3.4.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	m²	127.07	89.9	11423.59	
1.3.3.4.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS	kg	1234.01	8.93	11019.71	
1.3.3.4.4	CURADO DE CONCRETO	m²	152.17	3.3	502.16	
1.3.3.5	COLUMNETAS DE MONTANTES DE AGUAS PLUVIALES					1400.7
1.3.3.5.1	CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	m³	0.53	536.63	284.41	
1.3.3.5.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	m²	7.92	64.74	512.74	
1.3.3.5.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	kg	64.66	8.93	577.41	
1.3.3.5.4	CURADO DE CONCRETO	m²	7.92	3.3	26.14	
1.3.3.6	COLUMNAS DE CONFINAMIENTO PARA ALBAÑILERÍA					10003.07
1.3.3.6.1	CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA COLUMNAS DE CONFINAMIENTO	m³	5.2	536.63	2790.48	
1.3.3.6.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO	m²	40.92	64.74	2649.16	
1.3.3.6.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO	kg	495.9	8.93	4428.39	
1.3.3.6.4	CURADO DE CONCRETO	m²	40.92	3.3	135.04	
1.3.3.7	VIGAS DE CONFINAMIENTO PARA ALBAÑILERÍA					6325.24
1.3.3.7.1	CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA VIGAS DE CONFINAMIENTO	m³	2.16	536.63	1159.12	
1.3.3.7.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS DE CONFINAMIENTO	m²	33.2	64.73	2149.04	
1.3.3.7.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONFINAMIENTO	kg	325.59	8.93	2907.52	
1.3.3.7.4	CURADO DE CONCRETO	m²	33.2	3.3	109.56	
1.3.4	ESTRUCTURA METALICA					353496.02
1.3.4.1	COLUMNAS METÁLICAS					22534.12
1.3.4.1.1	COLUMNA DE TUBO METÁLICO RECTANGULAR DE 200x200mm e=6mm	und	14	1167.76	16348.64	
1.3.4.1.2	APOYO ESTRUCTURA METÁLICA	und	14	441.82	6185.48	
1.3.4.2	VIGAS METÁLICAS					6677.43
1.3.4.2.1	VIGAS DE PERFIL TUBULAR CUADRADO 100x100mm e=2.5 mm (INCLUYE PINTURA)	m	62.4	71.13	4438.51	
1.3.4.2.2	VIGAS DE PERFIL TUBULAR RECTANGULAR 50x100mm e=2 mm (INCLUYE PINTURA)	m	44.6	50.2	2238.92	
1.3.4.3	TIJERALES METÁLICOS					61726
1.3.4.3.1	ARMADURA DE ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES	und	7	5389.68	37727.76	
1.3.4.3.2	IZADO Y MONTAJE ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES	und	7	493.59	3455.13	
1.3.4.3.3	PINTURA ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES	und	7	523.9	3667.3	
1.3.4.3.4	ARMADO DE UNIÓN CERCHA - COLUMNA CON CARTELA	und	14	402.31	5632.34	
1.3.4.3.5	SUMINISTRO Y COLOCADO DE CABLE TENSOR DE Ø1/2"	m	334.98	8.99	3011.47	
1.3.4.3.6	SUMINISTRO Y COLOCADO DE ANCLAJE P/CABLE TENSOR DE Ø1/2"	jgo	42	196	8232	
1.3.4.4	CERCHA METÁLICA (VIGA A)					8490.68
1.3.4.4.1	ARMADURA DE CERCHA METÁLICA VIGA A	und	2	3364.49	6728.98	
1.3.4.4.2	IZADO Y MONTAJE CERCHA METÁLICA VIGA A	und	2	371.11	742.22	
1.3.4.4.3	PINTURA CERCHA METÁLICA VIGA A	und	2	509.74	1019.48	
1.3.4.5	CORREAS					1260.9
1.3.4.5.1	CORREAS DE 40x80mm e=2 mm (INCLUYE PINTURA)	m	27	46.7	1260.9	
1.3.4.6	COBERTURAS					38306.89
1.3.4.6.1	COBERTURA DE ALUZINC 1.07m x 5.0m x 0.4mm	m²	890.03	43.04	38306.89	
1.3.4.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE GRUA DE 5 TONELADAS					120000
1.3.4.7.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE GRUA DE 5 TONELADAS	und	1	120000	120000	
1.3.4.8	SUMINISTRO E INSTALACION DE BALCON METALICO					94500
1.3.4.8.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE BALCON METALICO	m	63	1500	94500	
1.4	**ARQUITECTURA**					**306414.64**
1.4.1	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERÍA					22908.62
1.4.1.1	MURO SOGA DE LADRILLO KING KONG C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5	m²	195.05	117.45	22908.62	

1.4.2	REVOQUES Y REVESTIMIENTOS					16192.84
1.4.2.1	TARRAJEO EN MUROS, INTERIOR Y EXTERIOR C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	427.42	31.85	13613.33	
1.4.2.2	TARRAJEO DE SUPERFICE DE COLUMNAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	33.8	36.85	1245.53	
1.4.2.3	TARRAJEO DE SUPERFICE DE VIGAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	33.2	40.18	1333.98	
1.4.3	PISOS Y PAVIMENTOS					10454.25
1.4.3.1	VEREDAS					10454.25
1.4.3.1.1	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL	m²	143.3	10.12	1450.2	
1.4.3.1.2	EMPEDRADO DE VEREDAS	m²	143.3	27.23	3902.06	
1.4.3.1.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VEREDAS	m²	8.98	55.55	498.84	
1.4.3.1.4	VEREDA DE CONCRETO f'c=175 kg/cm2 e=0.10 m INC. BRUÑAS	m²	49	71.44	3500.56	
1.4.3.1.5	JUNTAS ASFÁLTICAS	m	90.9	8.67	788.1	
1.4.3.1.6	CURADO DE CONCRETO	m²	95.3	3.3	314.49	
1.4.4	CARPINTERÍA METÁLICA Y HERRERÍA					88138.88
1.4.4.1	PUERTA METÁLICA DE INGRESO DE 2.49x2.85 m INC. PINTURA ANTICORROSIVA Y CERRADURA	und	2	2838.6	5677.2	
1.4.4.2	CERCO CON MALLA OLÍMPICA GALVANIZADA DE 2"x2", Nº 10, ANGULAR DE 1 1/2"x1 1/2"x3/16"	m²	415.58	187.89	78083.33	
1.4.4.3	POSTES PARA MALLA OLÍMPICA CON TUBO DE FºGº Ø=2" DE e=2mm	und	19.64	222.93	4378.35	
1.4.5	VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES					157500
1.4.5.1	VIDRIO NACIONAL DOBLE APRA FACHADA	m²	350	450	157500	
1.4.6	PINTURA					7752.05
1.4.6.1	PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES 2 MANOS	m²	189.87	13.64	2589.83	
1.4.6.2	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES 2 MANOS	m²	237.55	17.15	4073.98	
1.4.6.3	PINTURA LATEX INTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS	m²	35.87	13.64	489.27	
1.4.6.4	PINTURA LATEX EXTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS	m²	35.13	17.05	598.97	
1.4.7	VARIOS, LIMPIEZA Y JARDINERIA					3468
1.4.7.1	SEMBRIO DE GRASS					3468
1.4.7.1.1	CORTE SUPERFICIAL MANUAL E=20CM	m²	75	13.49	1011.75	
1.4.7.1.2	SEMBRIO DE GRASS INC ARBOLES	m²	75	32.75	2456.25	
1.5	**INSTALACIONES ELÉCTRICAS**					**13578.51**
1.5.1	CONEXIÓN A LA RED EXTERNA DE MEDIDORES					800
1.5.1.1	ACOMETIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN INC. PAGO A CONCESIONARIA	glb	1	800	800	
1.5.2	SALIDAS PARA ALUMBRADO, TOMACORRIENTES Y FUERZA					5117.88
1.5.2.1	SALIDAS					806.32
1.5.2.1.1	SALIDA DE TECHO PARA REFLECTOR	pto	8	40.69	325.52	
1.5.2.1.2	CAJA DE PASO OCTOGONAL DE FºGº DE 100x55mm	und	8	60.1	480.8	
1.5.2.2	CANALIZACIONES, CONDUCTOS O TUBERÍAS					1302.59
1.5.2.2.1	TUBERÍA PVC-P PESADO DE 25 mm	m	172.3	7.56	1302.59	
1.5.2.3	CONDUCTORES Y CABLES DE ENERGÍA EN TUBERÍAS					2487.12
1.5.2.3.1	CONDUCTOR N2XH DE 6 mm2	m	261.66	7.54	1972.92	
1.5.2.3.2	CONDUCTOR VULCANIZADO NLT DE 4 mm2	m	73.92	5.56	411	
1.5.2.3.3	CABLE DE COBRE DESNUDO DE 6mm2	m	13.13	7.86	103.2	
1.5.2.4	TABLEROS PRINCIPALES					214.25
1.5.2.4.1	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CAJA METÁLICA DE 12 POLOS	und	1	214.25	214.25	
1.5.2.5	DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN					307.6
1.5.2.5.1	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x32A	und	3	58.36	175.08	
1.5.2.5.2	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A	und	2	66.26	132.52	
1.5.3	INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA					2075.8
1.5.3.1	EXCAVACIÓN DE HOYO PARA POZO DE PUESTA A TIERRA	m³	3	62.29	186.87	
1.5.3.2	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	und	1	1888.93	1888.93	
1.5.4	ARTEFACTOS - LUMINARIAS					5584.83
1.5.4.1	LUMINARIA HIGH BAY LED 1X150W	und	15	209.59	3143.85	
1.5.4.2	LUMINARIA FLUORESCENTE LINEAL 2X40WATT	und	20	109.59	2191.8	
1.5.4.3	LUMINARIA HERMETICA PARA ADOSAR CON 2 CAMPANAS LET DE 16 WATT IP 65	und	2	124.59	249.18	
1.6	**INSTALACIONES SANITARIAS**					**36196.11**
1.6.1	APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS					3134.59
1.6.1.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE APARATOS SANITARIOS					3134.59
1.6.1.1.1	INODORO TANQUE BAJO INC. INSTALACIÓN	und	4	329.91	1319.64	
1.6.1.1.2	LAVATORIO DE LOSA COLOR NACIONAL C/PEDESTAL INC. INSTALACIÓN	und	4	385.11	1540.44	
1.6.1.1.3	URINARIO TIPO PICO BLANCO INC. INSTALACIÓN	und	1	274.51	274.51	

1.6.2	SISTEMA DE AGUA FRÍA					5495.83
1.6.2.1	SALIDAS DE AGUA FRÍA					1297.53
1.6.2.1.1	SALIDAS DE AGUA FRÍA CON TUBERÍA PVC-SAP DE 1/2"	pto	13	99.81	1297.53	
1.6.2.2	REDES DE DISTRIBUCIÓN					888.1
1.6.2.2.1	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS	m	1	1.94	1.94	
1.6.2.2.2	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	1.92	51.91	99.67	
1.6.2.2.3	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO	m	16.04	5.19	83.25	
1.6.2.2.4	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m	m²	6.42	11.71	75.18	
1.6.2.2.5	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL	m³	1.92	40.31	77.4	
1.6.2.2.6	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 1/2"	m	17.3	20.24	350.15	
1.6.2.2.7	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 3/4"	m	8.65	23.18	200.51	
1.6.2.3	REDES DE ALIMENTACIÓN					576.75
1.6.2.3.1	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS	m	8.8	1.94	17.07	
1.6.2.3.2	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	1.06	51.91	55.02	
1.6.2.3.3	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO	m	8.8	5.19	45.67	
1.6.2.3.4	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m	m²	3.52	11.71	41.22	
1.6.2.3.5	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL	m³	1.06	40.31	42.73	
1.6.2.3.6	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 3/4"	m	9.25	23.18	214.42	
1.6.2.3.7	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 1"	m	6	26.77	160.62	
1.6.2.4	ACCESORIOS DE REDES DE AGUA					837.15
1.6.2.4.1	CODO PVC SAP DE 90° x 1/2"	und	22	13.25	291.5	
1.6.2.4.2	CODO PVC SAP DE 90° x 3/4"	und	11	16	176	
1.6.2.4.3	TEE PVC SAP DE 1/2"	und	4	14.35	57.4	
1.6.2.4.4	TEE PVC SAP DE 3/4"	und	8	17.65	141.2	
1.6.2.4.5	TEE PVC SAP DE 1"	und	1	23.15	23.15	
1.6.2.4.6	REDUCCIÓN PVC DE 3/4" A 1/2"	und	9	14.35	129.15	
1.6.2.4.7	REDUCCIÓN PVC DE 1" A 3/4"	und	1	18.75	18.75	
1.6.2.5	VÁLVULAS					1041.93
1.6.2.5.1	VÁLVULA DE PASO DE 3/4"	und	6	141.96	851.76	
1.6.2.5.2	CAJAS PARA VÁLVULA DE PASO	und	3	63.39	190.17	
1.6.2.6	EQUIPOS Y OTRAS INSTALACIONES					854.37
1.6.2.6.1	EMPALME A RED EXISTENTE DE AGUA	und	3	272.29	816.87	
1.6.2.6.2	PRUEBA HIDRÁULICA DE AGUA FRÍA Y DESINFECCIÓN DE TUBERÍA	m	25	1.5	37.5	
1.6.3	DESAGÜE Y VENTILACIÓN					10482.24
1.6.3.1	SALIDAS DE DESAGÜE Y VENTILACIÓN					2031.57
1.6.3.1.1	SALIDAS DE DESAGÜE CON TUBERÍA PVC-SAL DE 2"	pto	9	104.57	941.13	
1.6.3.1.2	SALIDAS DE DESAGÜE CON TUBERÍA PVC-SAL DE 4"	pto	6	108.32	649.92	
1.6.3.1.3	SALIDAS DE VENTILACIÓN CON TUBERÍA PVC-SAL DE 2"	pto	6	73.42	440.52	
1.6.3.2	REDES DE DERIVACIÓN					4311.49
1.6.3.2.1	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS	m	18.83	1.94	36.53	
1.6.3.2.2	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	5.65	51.91	293.29	
1.6.3.2.3	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO	m	18.83	5.19	97.73	
1.6.3.2.4	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m	m²	11.3	11.71	132.32	
1.6.3.2.5	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL	m³	5.65	40.31	227.75	
1.6.3.2.6	TUBERÍA PVC-SAL DE 2"	m	9.7	34.46	334.26	
1.6.3.2.7	TUBERÍA PVC-SAL DE 4"	m	60.8	43.71	2657.57	
1.6.3.2.8	TUBERÍA PVC-SAL DE 2" VENTILACIÓN	m	18.8	28.3	532.04	
1.6.3.3	REDES COLECTORAS					1385.62
1.6.3.3.1	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS	m	16.2	1.94	31.43	
1.6.3.3.2	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	4.86	51.91	252.28	
1.6.3.3.3	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO	m	16.2	5.19	84.08	
1.6.3.3.4	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m	m²	9.72	11.71	113.82	
1.6.3.3.5	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL	m³	4.86	40.31	195.91	
1.6.3.3.6	TUBERÍA PVC-SAL DE 4"	m	16.2	43.71	708.1	
1.6.3.4	ACCESORIOS DE REDES DE DESAGÜE Y VENTILACIÓN					1966.24
1.6.3.4.1	CODO PVC SAL DE 45° x 2"	und	1	30.64	30.64	
1.6.3.4.2	CODO PVC SAL DE 90° x 2"	und	21	30.64	643.44	
1.6.3.4.3	CODO PVC SAL DE 90° x 4"	und	2	38.34	76.68	
1.6.3.4.4	CODO DE VENTILACIÓN 4" x 2"	und	4	42.19	168.76	
1.6.3.4.5	TEE SANITARIA PVC SAL DE 2"	und	3	34.05	102.15	
1.6.3.4.6	TEE SANITARIA PVC SAL DE 4" x 2"	und	1	41.64	41.64	
1.6.3.4.7	YEE PVC SAL DE 2"	und	2	37.79	75.58	
1.6.3.4.8	YEE PVC SAL DE 4"	und	4	56.38	225.52	
1.6.3.4.9	YEE PVC SAL DE 4" x 2"	und	5	42.19	210.95	

1.6.3.4.10	TRAMPA PVC SAL DE 2"	und	4	43.18	172.72	
1.6.3.4.11	REGISTRO ROSCADO DE BRONCE DE 4"	und	2	52.15	104.3	
1.6.3.4.12	SUMIDERO DE 2"	und	2	37.57	75.14	
1.6.3.4.13	SOMBRERO DE VENTILACIÓN PVC DE 2"	und	2	19.36	38.72	
1.6.3.5	CÁMARAS DE INSPECCIÓN					787.32
1.6.3.5.1	CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO 12"x24"	und	3	262.44	787.32	
1.6.4	SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN COBERTURA LIVIANA					17083.45
1.6.4.1	SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL					17083.45
1.6.4.1.1	TUBERÍA PVC SAP DE 4" PARA MONTANTES DE AGUAS PLUVIALES	m	28	20.29	568.12	
1.6.4.1.2	CODO PVC SAP DE 45° x 4" EN MONTANTES PLUVIALES	und	16	22.41	358.56	
1.6.4.1.3	CODO PVC SAP DE 90° x 4" EN MONTANTES PLUVIALES	und	4	22.61	90.44	
1.6.4.1.4	CANALETA DE PLANCHA GALVANIZADA DE 8" CON SUJETADORES @ 0.60 m	m	67.6	232.67	15728.49	
1.6.4.1.5	ABRAZADERA DE MONTANTES CON PLATINA DE FIERRO	und	8	42.23	337.84	
1.7	**INSTALACIONES ESPECIALES**					**149750.5**
1.7.1	SISTEMA DE RECIRCULACION - CISTERNA INC CUARTO DE MAQUINAS					128450.5
1.7.1.1	ESTRUCTURAS					18770.09
1.7.1.1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS					1055.29
1.7.1.1.1.1	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	10.14	51.91	526.37	
1.7.1.1.1.2	RELLENO CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO	m³	4.71	32.92	155.05	
1.7.1.1.1.3	PERFILADO Y COMPACTADO DE ZANJA	m²	8.71	10.12	88.15	
1.7.1.1.1.4	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30m	m³	7.06	25.96	183.28	
1.7.1.1.1.5	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D<5 KM)	m³	7.06	14.51	102.44	
1.7.1.1.2	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE					3079.33
1.7.1.1.2.1	SOLADOS					451.61
1.7.1.1.2.1.1	SOLADO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:12 DE 4"	m²	8.71	48.55	422.87	
1.7.1.1.2.1.2	CURADO DE CONCRETO	m²	8.71	3.3	28.74	
1.7.1.1.2.2	SOBRECIMIENTOS					1408.38
1.7.1.1.2.2.1	CONCRETO C:H 1:8 + 25% P.M. PARA SOBRECIMIENTOS	m³	1.16	390.27	452.71	
1.7.1.1.2.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN SOBRECIMIENTOS	m²	17.36	51.75	898.38	
1.7.1.1.2.2.3	CURADO DE CONCRETO	m²	17.36	3.3	57.29	
1.7.1.1.2.3	FALSO PISO					1219.34
1.7.1.1.2.3.1	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL	m²	16.52	10.12	167.18	
1.7.1.1.2.3.2	FALSO PISO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:8 DE e=10 cm	m²	16.52	60.39	997.64	
1.7.1.1.2.3.3	CURADO DE CONCRETO	m²	16.52	3.3	54.52	
1.7.1.1.3	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					14635.47
1.7.1.1.3.1	ZAPATAS					1837.51
1.7.1.1.3.1.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA ZAPATAS	m³	2.3	535.18	1230.91	
1.7.1.1.3.1.2	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN ZAPATAS	kg	65.8	8.93	587.59	
1.7.1.1.3.1.3	CURADO DE CONCRETO	m²	5.76	3.3	19.01	
1.7.1.1.3.2	VIGAS DE CONEXIÓN					4428.3
1.7.1.1.3.2.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS DE CONEXIÓN	m³	2.11	570.94	1204.68	
1.7.1.1.3.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS DE CONEXIÓN	m²	16.9	78.21	1321.75	
1.7.1.1.3.2.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONEXIÓN	m³	206.73	8.93	1846.1	
1.7.1.1.3.2.4	CURADO DE CONCRETO	m²	16.9	3.3	55.77	
1.7.1.1.3.3	COLUMNAS					3491.12
1.7.1.1.3.3.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA COLUMNAS	m³	0.96	631.09	605.85	
1.7.1.1.3.3.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	m²	12.48	64.74	807.96	
1.7.1.1.3.3.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNAS	kg	228.01	8.93	2036.13	
1.7.1.1.3.3.4	CURADO DE CONCRETO	m²	12.48	3.3	41.18	
1.7.1.1.3.4	VIGAS					4421.71
1.7.1.1.3.4.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS	m³	1.69	631.09	1066.54	
1.7.1.1.3.4.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	m²	17.35	89.9	1559.77	
1.7.1.1.3.4.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS	kg	194.64	8.93	1738.14	
1.7.1.1.3.4.4	CURADO DE CONCRETO	m²	17.35	3.3	57.26	
1.7.1.1.3.5	COLUMNETAS DE MONTANTES DE AGUAS PLUVIALES					456.83
1.7.1.1.3.5.1	CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	m³	0.17	536.63	91.23	
1.7.1.1.3.5.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	m²	2.52	64.74	163.14	
1.7.1.1.3.5.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	kg	21.74	8.93	194.14	
1.7.1.1.3.5.4	CURADO DE CONCRETO	m²	2.52	3.3	8.32	
1.7.1.2	ARQUITECTURA					21663.23

1.7.1.2.1	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERÍA					3828.95
1.7.1.2.1.1	MURO SOGA DE LADRILLO KING KONG C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5	m²	19.02	117.45	2233.9	
1.7.1.2.1.2	TABIQUERÍA DE DRYWALL UNA CARA CON SUPERBOARD SOBRE ESTRUCTURA METÁLICA	m²	17.33	92.04	1595.05	
1.7.1.2.2	REVOQUES Y REVESTIMIENTOS					3147.7
1.7.1.2.2.1	TARRAJEO EN MUROS, INTERIOR Y EXTERIOR C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	46.68	31.85	1486.76	
1.7.1.2.2.2	TARRAJEO DE SUPERFICE DE COLUMNAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	11.38	36.85	419.35	
1.7.1.2.2.3	TARRAJEO DE SUPERFICE DE VIGAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	13.77	40.18	553.28	
1.7.1.2.2.4	VESTIDURA DE DERRAMES EN VANOS, MEZCLA C:M 1:5, A=0.15 m, e=1.5 cm	m	30.9	20.24	625.42	
1.7.1.2.2.5	BRUÑAS	m	28.85	2.18	62.89	
1.7.1.2.3	CIELORRASOS					1819.56
1.7.1.2.3.1	CIELORRASO CON BALDOSA ACÚSTICA	m²	14.48	125.66	1819.56	
1.7.1.2.4	PISOS Y PAVIMENTOS					5970.77
1.7.1.2.4.1	CONTRAPISOS					742.57
1.7.1.2.4.1.1	CONTRAPISO DE 50 mm, MEZCLA C:H 1:5	m²	16.52	44.95	742.57	
1.7.1.2.4.2	PISOS					1295.99
1.7.1.2.4.2.1	PISO DE CERÁMICO ANTIDESLIZANTE DE 40x40 cm DE COLOR	m²	16.52	78.45	1295.99	
1.7.1.2.4.3	VEREDAS					3932.21
1.7.1.2.4.3.1	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL	m²	27.41	10.12	277.39	
1.7.1.2.4.3.2	EMPEDRADO DE VEREDAS	m²	27.41	27.23	746.37	
1.7.1.2.4.3.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VEREDAS	m²	7.94	55.55	441.07	
1.7.1.2.4.3.4	VEREDA DE CONCRETO f'c=175 kg/cm2 e=0.10 m INC. BRUÑAS	m²	27.41	71.44	1958.17	
1.7.1.2.4.3.5	JUNTAS ASFÁLTICAS	m	48.3	8.67	418.76	
1.7.1.2.4.3.6	CURADO DE CONCRETO	m²	27.41	3.3	90.45	
1.7.1.2.5	ZÓCALOS Y CONTRAZÓCALOS					388.05
1.7.1.2.5.1	CONTRAZÓCALO DE CERÁMICO h=10 cm	m	15.8	24.56	388.05	
1.7.1.2.6	CARPINTERÍA DE MADERA					4056.27
1.7.1.2.6.1	PUERTAS DE MADERA DE TABLERO REBAJADO AGUANO INC. MARCO	m²	1.89	757.56	1431.79	
1.7.1.2.6.2	VENTANAS DE MADERA AGUANO	m²	6.9	380.36	2624.48	
1.7.1.2.7	CERRAJERÍA					291.09
1.7.1.2.7.1	BISAGRA ALUMINIZADA CAPUCHINA DE 4"x4"	und	4	36.87	147.48	
1.7.1.2.7.2	CERRADURA PARA PUERTA EXTERIOR TIPO PARCHE 3 GOLPES	und	1	143.61	143.61	
1.7.1.2.8	VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES					591.91
1.7.1.2.8.1	VIDRIO LAMINADO DE 6mm	m²	3.4	174.09	591.91	
1.7.1.2.9	PINTURA					1568.93
1.7.1.2.9.1	PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES 2 MANOS	m²	23.34	13.64	318.36	
1.7.1.2.9.2	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES 2 MANOS	m²	40.67	17.15	697.49	
1.7.1.2.9.3	PINTURA LATEX EN INTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS	m²	11.53	13.64	157.27	
1.7.1.2.9.4	PINTURA LATEX EXTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS	m²	13.62	17.05	232.22	
1.7.1.2.9.5	PINTURA BARNIZ EN PUERTAS DE MADERA	m²	1.89	22.23	42.01	
1.7.1.2.9.6	PINTURA BARNIZ EN VENTANAS DE MADERA	m²	6.9	17.62	121.58	
1.7.1.3	INSTALACIONES ELÉCTRICAS					3017.18
1.7.1.3.1	SALIDAS PARA ALUMBRADO, TOMACORRIENTES Y FUERZA					3017.18
1.7.1.3.1.1	SALIDAS					1102.3
1.7.1.3.1.1.1	SALIDA DE CENTRO DE LUZ EN TECHO	pto	4	97.49	389.96	
1.7.1.3.1.1.2	SALIDA DE PARED PARA INTERRUPTOR DOBLE	pto	1	114.64	114.64	
1.7.1.3.1.1.3	SALIDA TOMACORRIENTE DOBLE CON PUESTA A TIERRA PARED/TECHO	pto	5	119.54	597.7	
1.7.1.3.1.2	CANALIZACIONES, CONDUCTOS O TUBERÍAS					329.1
1.7.1.3.1.2.1	TUBERÍA PVC-P PESADO DE 20 mm	m	53.6	6.14	329.1	
1.7.1.3.1.3	CONDUCTORES Y CABLES DE ENERGÍA EN TUBERÍAS					964.31
1.7.1.3.1.3.1	CONDUCTOR NH-80 DE 2.5 mm2	m	22.05	4.62	101.87	
1.7.1.3.1.3.2	CONDUCTOR NH-80 DE 4 mm2	m	41.27	5.51	227.4	
1.7.1.3.1.3.3	CONDUCTOR N2XH DE 4 mm2	m	94.5	6.72	635.04	
1.7.1.3.1.4	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN					215.33
1.7.1.3.1.4.1	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CAJA METÁLICA DE 8 POLOS	und	1	215.33	215.33	
1.7.1.3.1.5	DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN					406.14
1.7.1.3.1.5.1	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x16A	und	1	66.26	66.26	
1.7.1.3.1.5.2	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A	und	2	66.26	132.52	
1.7.1.3.1.5.3	INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE 2x25A	und	1	207.36	207.36	

1.7.1.4	INSTALACIONES SANITARIAS					85000
1.7.1.4.1	MOTORES Y EQUIPAMIENTO CUARTO DE MAQUINAS	gbl	1	85000	85000	
1.7.2	INSTALACIONES ELECTRONICAS PARA EQUIPOS HIDROMETRICOS					21300
1.7.2.1	INSTALACIONES ELECTRONICAS PARA EQUIPOS HIDROMETRICOS	pto	60	355	21300	
1.8	**MOVILIARIO Y EQUIPAMIENTO**					**990000**
1.8.1	MOVILIARIO UNIVERSITARIO					90000
1.8.1.1	OFICINA DE JEFE DE LABORATORIO					15000
1.8.1.1.1	EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE JEFE DE LABORATORIO	gbl	1	15000	15000	
1.8.1.2	OFICINA DE JEFE DE INVESTIGACION					15000
1.8.1.2.1	EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE JEFE DE INVESTIGACION	gbl	1	15000	15000	
1.8.1.3	OFICINA DE INVESTIGACION - ALUMNOS					15000
1.8.1.3.1	EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE INVESTIGACION - ALUMNOS	gbl	1	15000	15000	
1.8.1.4	TALLER DE METALES					15000
1.8.1.4.1	EQUIPAMIENTO DE TALLER DE METALES	gbl	1	15000	15000	
1.8.1.5	TALLER DE ELECTRONICA					15000
1.8.1.5.1	EQUIPAMIENTO DE TALLER DE ELECTRONICA	gbl	1	15000	15000	
1.8.1.6	HALL - RECEPCION					15000
1.8.1.6.1	EQUIPAMIENTO DE HALL - RECEPCION	gbl	1	15000	15000	
1.8.2	EQUIPAMIENTO DE LABORATORIO					900000
1.8.2.1	EQUIPOS HIDROMETRICOS					720000
1.8.2.1.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE EQUIPOS HIDROMETRICOS	und	60	12000	720000	
1.8.2.2	MODELOS HIDRAULICOS A ESCALA					180000
1.8.2.2.1	FABRICACION E INSTALACION DE MODELOS HIDRAULICOS A ESCALA	und	4	45000	180000	
1.9	**TRABAJOS FINALES DE OBRA Y OTROS**					**68710.91**
1.9.1	IMPACTO AMBIENTAL					7470
1.9.1.1	CONTENEDORES HERMÉTICOS DE COLORES	und	4	180	720	
1.9.1.2	CHARLAS DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL	mes	8	750	6000	
1.9.1.3	MONITOREO AMBIENTAL	mes	1	750	750	
1.9.2	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO					12000
1.9.2.1	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO	und	1	12000	12000	
1.9.3	TRABAJOS FINALES DE OBRA					9432.88
1.9.3.1	DESMONTAJE DE OBRAS PROVISIONALES	glb	1	2000	2000	
1.9.3.2	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m²	1800	2.47	4446	
1.9.3.3	TRANSPORTE DE MATERIAL DESMONTADO	glb	1	2000	2000	
1.9.3.4	PLACA RECORDATORIA	und	1	986.88	986.88	
1.9.4	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD					15558.03
1.9.4.1	VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE	und	2	600	1200	
1.9.4.2	DISEÑO DE MEZCLAS	und	6	500	3000	
1.9.4.3	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA CONCRETO	und	60	50	3000	
1.9.4.4	PRUEBA DE DENSIDAD DE CAMPO	und	24	60	1440	
1.9.4.5	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	und	2	350	700	
1.9.4.6	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA SOLDADURA	und	20	250	5000	
1.9.4.7	PRUEBAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y PUESTA EN SERVICIO	und	1	1218.03	1218.03	
1.9.5	FLETE TERRESTRE					24250
1.9.5.1	FLETE TERRESTRE CUSCO - UNSAAC	glb	1	24250	24250	

Costo Directo		S/ 2,130,699.68
Gastos Generales	11.43241%	S/ 243,588.75
Gastos de supervision	6.84829%	S/ 145,915.50
Gastos de liquidacion	1.12640%	S/ 24,000.00
Gastos de expediente tecnico	1.85386%	S/ 39,500.00
TOTAL :		**S/ 2,583,703.93**

[Son: dos millones quinientos ocheinta y tres mil setecientos tres Nuevos Soles con noveinta y tres céntimos]

ANEXO 06:

ACUs

Analisis de Costos Unitarios

PROYECTO : SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, 2024
ETAPA 1.0 : CREACION DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA EN LA FIC - UNSAAC
PROPIETARIO : LABORATORIO DE HIDRAULICA
UBICACION : DPTO:CUSCO PROV:CUSCO DIST:CUSCO LOC:UNSAAC - PERAYOC
FECHA PROYECTO : 16/09/2024

Partida: 1.1.1.1.1 ALQUILER DE LOCAL PARA OFICINA DE RESIDENCIA Y ALMACÉN — Rendimiento:1 mes/Día

Costo unitario por mes **500.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**500.00**
300040001	ALQUILER DE LOCAL PARA OFICINA DE RESIDENCIA Y ALMACÉN	mes	-	1.0000	500.00	500.00

Partida: 1.1.1.1.2 ALQUILER DE MÓDULO DE BAÑO PORTATIL TIPO DISAL O SIMILAR — Rendimiento: mes

Costo unitario por mes **500.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**500.00**
300040100	ALQUILER DE BAÑO PORTATIL	mes	-	1.0000	500.00	500.00

Partida: 1.1.1.1.3 CERCO DE PROTECCIÓN CON ARPILLERA — Rendimiento:120 m/Día

Costo unitario por m **35.91**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**3.02**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0667	26.46	1.76
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0667	18.90	1.26
MATERIALES						**32.80**
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.1000	8.00	0.80
430040001	ROLLIZO DE EUCALIPTO DE 3" X 2.80 M	pza	-	1.0000	28.00	28.00
300040101	TELA ARPILLERA	m²	-	2.0000	2.00	4.00
EQUIPO						**0.09**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	3.02	0.09

Partida: 1.1.1.1.4 CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA DE 3.60x2.40 m — Rendimiento:1 und/Día

Costo unitario por und **1,025.31**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**362.88**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	26.46	211.68
471060004	PEÓN	hh	1.0000	8.0000	18.90	151.20
MATERIALES						**651.54**
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.6000	8.00	4.80
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	1.3800	29.00	40.02
440040001	GIGANTOGRAFÍA 3.60x2.40m INC. MARCO DE REFUERZO Y ACCESORIOS	und	-	1.0000	300.00	300.00
450040001	TRIPLAY DE 6 MM PARA ENCOFRADO	pln	-	2.0000	45.00	90.00
381060017	HORMIGÓN	m³	-	0.2800	84.00	23.52
430040102	MADERA CORRIENTE (3"X3")	p²	-	42.0000	4.60	193.20
EQUIPO						**10.89**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	362.88	10.89

Partida: 1.1.1.2.1 AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN Rendimiento:1 glb/Día

Costo unitario por glb **1,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**1,000.00**
300040103	AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN	glb	-	1.0000	1,000.00	1,000.00

Partida: 1.1.1.2.2 ENERGÍA ELÉCTRICA PROVISIONAL Rendimiento:1 glb/Día

Costo unitario por glb **1,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**1,000.00**
300040104	ENERGÍA ELÉCTRICA PROVISIONAL	glb	-	1.0000	1,000.00	1,000.00

Partida: 1.1.1.3.1 LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL Rendimiento:40 m²/Día

Costo unitario por m² **3.89**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**3.78**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2000	18.90	3.78
EQUIPO						**0.11**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	3.78	0.11

Partida: 1.1.1.4.1 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS Rendimiento: glb

Costo unitario por glb **4,956.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**4,956.00**
320040001	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	est	-	1.0000	4,956.00	4,956.00

Partida: 1.1.2.1.1 ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Rendimiento: mes

Costo unitario por mes **1,500.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**1,500.00**
300040105	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD	mes	-	1.0000	1,500.00	1,500.00

Partida: 1.1.2.1.2 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL Rendimiento: glb

Costo unitario por glb **17,913.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**17,913.00**
300040106	CASCO DE PROTECCIÓN	und	-	60.0000	20.00	1,200.00
300040107	LENTES DE PROTECCIÓN	und	-	60.0000	6.00	360.00
300040108	GUANTES DE CUERO	par	-	60.0000	12.00	720.00
300040109	GUANTES DE JEBE	par	-	60.0000	12.00	720.00
300040110	BOTAS DE JEBE	par	-	60.0000	35.00	2,100.00
300040111	ZAPATOS DE SEGURIDAD PUNTA DE ACERO	par	-	60.0000	80.00	4,800.00
300040112	ARNÉS DE SEGURIDAD	und	-	4.0000	279.00	1,116.00
300040113	RESPIRADOR CONTRA POLVO	und	-	60.0000	60.00	3,600.00
300040114	CHALECO REFLECTIVO	und	-	60.0000	42.00	2,520.00
300040115	GUANTES DIELÉCTRICO	par	-	3.0000	199.00	597.00
300040116	TAPÓN DE OÍDO CON ESTUCHE	und	-	60.0000	3.00	180.00

Partida: 1.1.2.1.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA — Rendimiento: glb

Costo unitario por glb: **1,125.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**1,125.00**
300040117	CINTA DE SEGURIDAD	rll	-	3.0000	45.00	135.00
300040118	CONO DE SEGURIDAD	und	-	6.0000	40.00	240.00
440040119	TRANQUERA TIPO BARANDA 2.40X1.20 m PARA SEÑALIZACIÓN Y PROTECCIÓN	und	-	10.0000	75.00	750.00

Partida: 1.1.2.1.4 SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA PARA CONSTRUCCIÓN (1.20x0.80m) — Rendimiento:5 und/Día

Costo unitario por und: **207.63**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**102.82**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	26.46	42.34
471060004	PEÓN	hh	2.0000	3.2000	18.90	60.48
MATERIALES						**101.73**
300040117	CINTA DE SEGURIDAD	rll	-	0.0800	45.00	3.60
530040001	THINER	gln	-	0.1500	26.50	3.98
541060001	PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gln	-	0.1500	57.00	8.55
610040001	PLANCHA GALVANIZADA DE 4' X 8' E=1/32"	pln	-	0.3500	100.00	35.00
430040102	MADERA CORRIENTE (3"X3")	p²	-	11.0000	4.60	50.60
EQUIPO						**3.08**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	102.82	3.08

Partida: 1.1.2.1.5 CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA — Rendimiento: glb

Costo unitario por glb: **4,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**4,000.00**
300040120	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA	und	-	8.0000	500.00	4,000.00

Partida: 1.1.2.2.1 RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIA Y SALUD DURANTE EL TRABAJO — Rendimiento:1 glb/Día

Costo unitario por glb: **2,890.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**2,890.00**
300040121	EXTINTOR DE POLVO QUÍMICO SECO (PQS)	und	-	5.0000	218.00	1,090.00
300040122	BOTIQUÍN PARA LA OBRA	und	-	3.0000	200.00	600.00
300040123	CAMILLA METÁLICA TIPO CANASTA DE RESCATE	und	-	2.0000	350.00	700.00
300040124	RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIA Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	glb	-	1.0000	500.00	500.00

Partida: 1.2.1.1 EXCAVACION CON MAQUINARIA EN TERRENO SUELTO — Rendimiento:520 m³/Día

Costo unitario por m³: **6.88**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.00**
471060004	PEÓN	hh	2.0000	0.0308	18.90	0.58
470040187	OPERADOR DE MAQUINARIA	hh	1.0000	0.0154	27.58	0.42
MATERIALES						**2.29**
010010001	ACEITE GPARA MAQUINARIA PESADA	gln	-	0.0100	45.00	0.45
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.0818	22.50	1.84
EQUIPO						**3.59**
370010001	Herramientas	%mo	-	5.0000	1.00	0.05
490010001	TRACTOR DE ORUGAS	hm	1.0000	0.0154	230.00	3.54

Partida: 1.2.1.2 RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO Rendimiento:420 m³/Día

Costo unitario por m³ **11.62**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.33**
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.0190	20.87	0.40
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0190	18.90	0.36
470040187	OPERADOR DE MAQUINARIA	hh	3.0000	0.0571	27.58	1.57
MATERIALES						**0.71**
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.0300	22.50	0.68
010010002	LUBRICANTE PARA MAQUINARIA PESADA	gln	-	0.0010	32.00	0.03
EQUIPO						**8.58**
370010001	Herramientas	%mo	-	5.0000	2.33	0.12
490040192	RODILLO VIBRATORIO 7 - 9 TN	hm	1.5000	0.0286	130.00	3.72
490040132	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP 2.5 YD3.	hm	1.1000	0.0210	157.50	3.31
480040190	CAMIÓN CISTERNA 4x2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	0.7500	0.0143	100.00	1.43

Partida: 1.2.1.3 ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30m Rendimiento:95 m³/Día

Costo unitario por m³ **5.91**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.47**
471060002	OFICIAL	hh	0.5000	0.0421	20.87	0.88
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0842	18.90	1.59
EQUIPO						**3.44**
370010001	Herramientas	%mo	-	5.0000	2.47	0.12
490040132	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP 2.5 YD3.	hm	0.2500	0.0211	157.50	3.32

Partida: 1.2.1.4 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D<5 Km) Rendimiento:480 m³/Día

Costo unitario por m³ **9.92**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.59**
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.0167	20.87	0.35
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0167	18.90	0.32
470040187	OPERADOR DE MAQUINARIA	hh	2.0000	0.0333	27.58	0.92
MATERIALES						**2.30**
010010001	ACEITE GPARA MAQUINARIA PESADA	gln	-	0.0010	45.00	0.05
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.1000	22.50	2.25
EQUIPO						**6.03**
370010001	Herramientas	%mo	-	5.0000	1.59	0.08
490040132	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP 2.5 YD3.	hm	0.3300	0.0055	157.50	0.87
480040001	CAMIÓN VOLQUETE 6 M3	hm	2.0000	0.0333	152.50	5.08

Partida: 1.3.1.1 EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO Rendimiento:3 m³/Día

Costo unitario por m³ **51.91**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**50.40**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	2.6667	18.90	50.40
EQUIPO						**1.51**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	50.40	1.51

Partida: 1.3.1.2 RELLENO CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO Rendimiento:30 m³/Día

Costo unitario por m³ **32.92**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**27.22**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	26.46	7.06
471060004	PEÓN	hh	4.0000	1.0667	18.90	20.16
MATERIALES						**0.75**
300040129	AGUA	m³	-	0.0500	15.00	0.75
EQUIPO						**4.95**
490040130	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA DE 4 HP	hm	1.0000	0.2667	15.50	4.13
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	27.22	0.82

Partida: 1.3.1.3 PERFILADO Y COMPACTADO DE ZANJA Rendimiento:60 m²/Día

Costo unitario por m² **10.12**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**7.82**
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	20.87	2.78
471060004	PEÓN	hh	2.0000	0.2667	18.90	5.04
EQUIPO						**2.30**
490040131	COMPACTADOR TIPO CANGURO	hm	1.0000	0.1333	15.50	2.07
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	7.82	0.23

Partida: 1.3.1.4 ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30m Rendimiento:6 m³/Día

Costo unitario por m³ **25.96**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**25.20**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	1.3333	18.90	25.20
EQUIPO						**0.76**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	25.20	0.76

Partida: 1.3.1.5 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D<5 KM) Rendimiento:350 m³/Día

Costo unitario por m³ **14.51**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.43**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0229	18.90	0.43
EQUIPO						**14.08**
480040001	CAMIÓN VOLQUETE 6 M3	hm	3.0000	0.0686	152.50	10.46
490040132	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP 2.5 YD3.	hm	1.0000	0.0229	157.50	3.61
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.43	0.01

Partida: 1.3.2.1.1 SOLADO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:12 DE 4" Rendimiento:65 m²/Día

Costo unitario por m² **48.55**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**23.04**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	0.2462	26.46	6.51
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.1231	20.87	2.57
471060004	PEÓN	hh	6.0000	0.7385	18.90	13.96
MATERIALES						**22.36**
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.3700	29.00	10.73
300040129	AGUA	m³	-	0.0200	15.00	0.30
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.0180	22.50	0.41
381060017	HORMIGÓN	m³	-	0.1300	84.00	10.92
EQUIPO						**3.15**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	23.04	0.69
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.1231	20.00	2.46

Partida: 1.3.2.1.2 CURADO DE CONCRETO Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.3.3.1.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA ZAPATAS Rendimiento:12 m³/Día

Costo unitario por m³ **535.18**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**163.91**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	26.46	35.28
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	20.87	27.83
471060004	PEÓN	hh	8.0000	5.3333	18.90	100.80
MATERIALES						**343.35**
050040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	-	0.6300	80.00	50.40
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	8.1900	29.00	237.51
300040129	AGUA	m³	-	0.1860	15.00	2.79
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.5300	90.00	47.70
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.2200	22.50	4.95
EQUIPO						**27.92**
490040134	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.6667	14.50	9.67
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	163.91	4.92
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.6667	20.00	13.33

Partida: 1.3.3.1.2 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN ZAPATAS Rendimiento:250 kg/Día

Costo unitario por kg **8.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.45**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	26.46	0.85
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0320	18.90	0.60
MATERIALES						**7.44**
020040135	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	-	0.0600	6.30	0.38
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0700	6.60	7.06
EQUIPO						**0.04**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.45	0.04

Partida: 1.3.3.1.3 CURADO DE CONCRETO Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.3.3.2.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS DE CONEXIÓN Rendimiento:12 m³/Día

Costo unitario por m³ **570.94**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**163.91**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	26.46	35.28
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	20.87	27.83
471060004	PEÓN	hh	8.0000	5.3333	18.90	100.80
MATERIALES						**379.11**
050040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	-	0.5300	80.00	42.40
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	9.7300	29.00	282.17
300040129	AGUA	m³	-	0.1860	15.00	2.79
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.5200	90.00	46.80
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.2200	22.50	4.95
EQUIPO						**27.92**
490040134	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.6667	14.50	9.67
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	163.91	4.92
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.6667	20.00	13.33

Partida: 1.3.3.2.2 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONEXIÓN Rendimiento:250 m³/Día

Costo unitario por m³ **8.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.45**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	26.46	0.85
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0320	18.90	0.60
MATERIALES						**7.44**
020040135	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	-	0.0600	6.30	0.38
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0700	6.60	7.06
EQUIPO						**0.04**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.45	0.04

Partida: 1.3.3.2.3 CURADO DE CONCRETO Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.3.3.3.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA COLUMNAS Rendimiento:8 m³/Día

Costo unitario por m³ **631.09**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**245.86**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	2.0000	26.46	52.92
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	2.0000	20.87	41.74
471060004	PEÓN	hh	8.0000	8.0000	18.90	151.20
MATERIALES						**343.35**
050040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	-	0.6300	80.00	50.40
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	8.1900	29.00	237.51
300040129	AGUA	m³	-	0.1860	15.00	2.79
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.5300	90.00	47.70
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.2200	22.50	4.95
EQUIPO						**41.88**
490040134	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	1.0000	14.50	14.50
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	245.86	7.38
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	1.0000	20.00	20.00

Partida: 1.3.3.3.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS Rendimiento:10 m²/Día

Costo unitario por m² **64.74**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**45.43**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	26.46	21.17
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	20.87	16.70
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**17.95**
020040136	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	-	0.3000	6.30	1.89
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.1700	8.00	1.36
430040137	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	-	3.5000	4.20	14.70
EQUIPO						**1.36**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	45.43	1.36

Partida: 1.3.3.3.3 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNAS Rendimiento:250 kg/Día

Costo unitario por kg **8.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.45**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	26.46	0.85
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0320	18.90	0.60
MATERIALES						**7.44**
020040135	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	-	0.0600	6.30	0.38
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0700	6.60	7.06
EQUIPO						**0.04**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.45	0.04

Partida: 1.3.3.3.4 CURADO DE CONCRETO Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.3.3.4.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS Rendimiento:8 m³/Día

Costo unitario por m³ **631.09**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**245.86**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	2.0000	26.46	52.92
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	2.0000	20.87	41.74
471060004	PEÓN	hh	8.0000	8.0000	18.90	151.20
MATERIALES						**343.35**
050040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	-	0.6300	80.00	50.40
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	8.1900	29.00	237.51
300040129	AGUA	m³	-	0.1860	15.00	2.79
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.5300	90.00	47.70
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.2200	22.50	4.95
EQUIPO						**41.88**
490040134	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	1.0000	14.50	14.50
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	245.86	7.38
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	1.0000	20.00	20.00

Partida: 1.3.3.4.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS Rendimiento:8 m²/Día

Costo unitario por m² **89.90**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**56.78**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	20.87	20.87
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.5000	18.90	9.45
MATERIALES						**31.42**
020040136	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	-	0.2100	6.30	1.32
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.2400	8.00	1.92
430040137	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	-	6.7100	4.20	28.18
EQUIPO						**1.70**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	56.78	1.70

Partida: 1.3.3.4.3 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS Rendimiento:250 kg/Día

Costo unitario por kg **8.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.45**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	26.46	0.85
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0320	18.90	0.60
MATERIALES						**7.44**
020040135	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	-	0.0600	6.30	0.38
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0700	6.60	7.06
EQUIPO						**0.04**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.45	0.04

Partida: 1.3.3.4.4 CURADO DE CONCRETO Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.3.3.5.1 CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES Rendimiento:12 m³/Día

Costo unitario por m³ **536.63**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**163.91**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	26.46	35.28
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	20.87	27.83
471060004	PEÓN	hh	8.0000	5.3333	18.90	100.80
MATERIALES						**344.80**
050040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	-	0.5500	80.00	44.00
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	8.4300	29.00	244.47
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.5400	90.00	48.60
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.2200	22.50	4.95
EQUIPO						**27.92**
490040134	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.6667	14.50	9.67
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	163.91	4.92
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.6667	20.00	13.33

Partida: 1.3.3.5.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES Rendimiento:10 m²/Día

Costo unitario por m² **64.74**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**45.43**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	26.46	21.17
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	20.87	16.70
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**17.95**
020040136	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	-	0.3000	6.30	1.89
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.1700	8.00	1.36
430040137	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	-	3.5000	4.20	14.70
EQUIPO						**1.36**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	45.43	1.36

Partida: 1.3.3.5.3 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES Rendimiento:250 kg/Día

Costo unitario por kg **8.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.45**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	26.46	0.85
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0320	18.90	0.60
MATERIALES						**7.44**
020040135	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	-	0.0600	6.30	0.38
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0700	6.60	7.06
EQUIPO						**0.04**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.45	0.04

Partida: 1.3.3.5.4 CURADO DE CONCRETO Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.3.3.6.1 CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA COLUMNAS DE CONFINAMIENTO Rendimiento:12 m³/Día

Costo unitario por m³ **536.63**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**163.91**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	26.46	35.28
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	20.87	27.83
471060004	PEÓN	hh	8.0000	5.3333	18.90	100.80
MATERIALES						**344.80**
050040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	-	0.5500	80.00	44.00
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	8.4300	29.00	244.47
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.5400	90.00	48.60
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.2200	22.50	4.95
EQUIPO						**27.92**
490040134	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.6667	14.50	9.67
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	163.91	4.92
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.6667	20.00	13.33

Partida: 1.3.3.6.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO Rendimiento:10 m²/Día

Costo unitario por m² **64.74**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**45.43**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	26.46	21.17
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	20.87	16.70
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**17.95**
020040136	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	-	0.3000	6.30	1.89
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.1700	8.00	1.36
430040137	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	-	3.5000	4.20	14.70
EQUIPO						**1.36**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	45.43	1.36

Partida: 1.3.3.6.3 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO Rendimiento:250 kg/Día

Costo unitario por kg **8.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.45**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	26.46	0.85
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0320	18.90	0.60
MATERIALES						**7.44**
020040135	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	-	0.0600	6.30	0.38
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0700	6.60	7.06
EQUIPO						**0.04**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.45	0.04

Partida: 1.3.3.6.4 CURADO DE CONCRETO Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.3.3.7.1 CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA VIGAS DE CONFINAMIENTO Rendimiento:12 m³/Día

Costo unitario por m³ **536.63**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**163.91**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	26.46	35.28
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	20.87	27.83
471060004	PEÓN	hh	8.0000	5.3333	18.90	100.80
MATERIALES						**344.80**
050040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	-	0.5500	80.00	44.00
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	8.4300	29.00	244.47
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.5400	90.00	48.60
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.2200	22.50	4.95
EQUIPO						**27.92**
490040134	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.6667	14.50	9.67
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	163.91	4.92
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.6667	20.00	13.33

Partida: 1.3.3.7.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS DE CONFINAMIENTO Rendimiento:10 m²/Día

Costo unitario por m² **64.73**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**45.43**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	26.46	21.17
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	20.87	16.70
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**17.94**
020040136	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	-	0.2100	6.30	1.32
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.2400	8.00	1.92
430040137	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	-	3.5000	4.20	14.70
EQUIPO						**1.36**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	45.43	1.36

Partida: 1.3.3.7.3 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONFINAMIENTO Rendimiento:250 kg/Día

Costo unitario por kg **8.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.45**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	26.46	0.85
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0320	18.90	0.60
MATERIALES						**7.44**
020040135	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	-	0.0600	6.30	0.38
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0700	6.60	7.06
EQUIPO						**0.04**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.45	0.04

Partida: 1.3.3.7.4 CURADO DE CONCRETO Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.3.4.1.1 COLUMNA DE TUBO METÁLICO RECTANGULAR DE 200x200mm e=6mm Rendimiento:8 und/Día

Costo unitario por und **1,167.76**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**94.72**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	20.87	20.87
470040001	SOLDADOR	hh	1.0000	1.0000	28.49	28.49
471060004	PEÓN	hh	1.0000	1.0000	18.90	18.90
MATERIALES						**1,013.20**
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	3.5000	6.60	23.10
300040138	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	-	1.0000	18.00	18.00
300040139	DISCO DE DESBASTE 7"	und	-	0.3000	12.00	3.60
300040140	LIJA DE FIERRO # 80	und	-	2.0000	2.50	5.00
560040001	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 200x200x6mm DE 6m	und	-	0.5000	1,850.00	925.00
300040141	DISCO DE CORTE 12"	und	-	0.2200	175.00	38.50
EQUIPO						**59.84**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	94.72	2.84
480040142	EQUIPO DE SOLDAR	hm	1.0000	1.0000	12.00	12.00
490040143	GRÚA SOBRE CAMIÓN 12m	hm	0.2500	0.2500	180.00	45.00

Partida: 1.3.4.1.2 APOYO ESTRUCTURA METÁLICA Rendimiento:6 und/Día

Costo unitario por und **441.82**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**98.47**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	26.46	35.28
470040001	SOLDADOR	hh	1.0000	1.3333	28.49	37.99
471060004	PEÓN	hh	1.0000	1.3333	18.90	25.20
MATERIALES						**337.40**
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	4.0000	6.60	26.40
300040144	NEOPRENE PLANCHA	pln	-	1.0000	15.00	15.00
560040145	PLANCHA DE ACERO LAC 12.5mm x1.20m x2.40m (1/2")	pln	-	0.2500	1,184.00	296.00
EQUIPO						**5.95**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	98.47	2.95
480040142	EQUIPO DE SOLDAR	hm	0.1875	0.2500	12.00	3.00

Partida: 1.3.4.2.1 VIGAS DE PERFIL TUBULAR CUADRADO 100x100mm e=2.5 mm (INCLUYE PINTURA) Rendimiento:50 m/Día

Costo unitario por m **71.13**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**22.42**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1600	26.46	4.23
470040001	SOLDADOR	hh	2.0000	0.3200	28.49	9.12
471060004	PEÓN	hh	3.0000	0.4800	18.90	9.07
MATERIALES						**45.24**
300040138	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	-	0.0300	18.00	0.54
530040001	THINER	gln	-	0.0200	26.50	0.53
541060001	PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gln	-	0.0150	57.00	0.86
540040001	PINTURA ANTICORROSIVA	gln	-	0.0150	87.50	1.31
560040147	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 100x100x2.5mm DE 6m	und	-	0.1750	240.00	42.00
EQUIPO						**3.47**
490040146	COMPRESORA DE AIRE	hm	1.0000	0.1600	5.50	0.88
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	22.42	0.67
480040142	EQUIPO DE SOLDAR	hm	1.0000	0.1600	12.00	1.92

Partida: 1.3.4.2.2 VIGAS DE PERFIL TUBULAR RECTANGULAR 50x100mm e=2 mm (INCLUYE PINTURA) Rendimiento:60 m/Día

Costo unitario por m **50.20**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**18.69**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1333	26.46	3.53
470040001	SOLDADOR	hh	2.0000	0.2667	28.49	7.60
471060004	PEÓN	hh	3.0000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**28.62**
300040138	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	-	0.0300	18.00	0.54
530040001	THINER	gln	-	0.0200	26.50	0.53
541060001	PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gln	-	0.0150	57.00	0.86
540040001	PINTURA ANTICORROSIVA	gln	-	0.0150	87.50	1.31
560040148	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x100x2mm DE 6m	und	-	0.1750	145.00	25.38
EQUIPO						**2.89**
490040146	COMPRESORA DE AIRE	hm	1.0000	0.1333	5.50	0.73
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	18.69	0.56
480040142	EQUIPO DE SOLDAR	hm	1.0000	0.1333	12.00	1.60

Partida: 1.3.4.3.1 ARMADURA DE ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES Rendimiento:0.5 und/Día

Costo unitario por und **5,389.68**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1,907.36**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	32.0000	26.46	846.72
470040001	SOLDADOR	hh	1.0000	16.0000	28.49	455.84
471060004	PEÓN	hh	2.0000	32.0000	18.90	604.80
MATERIALES						**3,233.10**
300040138	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	-	12.0000	18.00	216.00
300040139	DISCO DE DESBASTE 7"	und	-	0.3000	12.00	3.60
560040149	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x100x3mm DE 6m	und	-	4.3100	220.00	948.20
560040150	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x50x2.5mm DE 6m	und	-	9.8000	117.00	1,146.60
300040151	MASILLA EPOXICA	und	-	4.0000	13.50	54.00
300040141	DISCO DE CORTE 12"	und	-	0.2200	175.00	38.50
560040152	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x100x2.5mm DE 6m	und	-	4.5900	180.00	826.20
EQUIPO						**249.22**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1,907.36	57.22
480040142	EQUIPO DE SOLDAR	hm	1.0000	16.0000	12.00	192.00

Partida: 1.3.4.3.2 IZADO Y MONTAJE ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES Rendimiento:3 und/Día

Costo unitario por und **493.59**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**368.29**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	5.3333	26.46	141.12
470040001	SOLDADOR	hh	1.0000	2.6667	28.49	75.97
471060004	PEÓN	hh	3.0000	8.0000	18.90	151.20
MATERIALES						**3.60**
300040138	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	-	0.2000	18.00	3.60
EQUIPO						**121.70**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	hm	2.0000	5.3333	1.00	5.33
480040153	TECLE DE 2 TON.	hm	1.0000	2.6667	5.00	13.33
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	368.29	11.05
480040142	EQUIPO DE SOLDAR	hm	1.0000	2.6667	12.00	32.00
490040143	GRÚA SOBRE CAMIÓN 12m	hm	0.1250	0.3333	180.00	59.99

Partida: 1.3.4.3.3 PINTURA ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES Rendimiento:6 und/Día

Costo unitario por und **523.90**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**47.88**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	26.46	35.28
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.6667	18.90	12.60
MATERIALES						**467.25**
530040001	THINER	gln	-	4.0000	26.50	106.00
541060001	PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gln	-	2.5000	57.00	142.50
540040001	PINTURA ANTICORROSIVA	gln	-	2.5000	87.50	218.75
EQUIPO						**8.77**
490040146	COMPRESORA DE AIRE	hm	1.0000	1.3333	5.50	7.33
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	47.88	1.44

Partida: 1.3.4.3.4 ARMADO DE UNIÓN CERCHA - COLUMNA CON CARTELA Rendimiento:3 und/Día

Costo unitario por und **402.31**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**120.96**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	2.6667	26.46	70.56
471060004	PEÓN	hh	1.0000	2.6667	18.90	50.40
MATERIALES						**231.05**
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	4.0000	6.60	26.40
300040138	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	-	0.3000	18.00	5.40
560040154	PLANCHA DE ACERO LAC 8mm x1.20m x2.40m (5/16")	pln	-	0.2500	797.00	199.25
EQUIPO						**50.30**
490040146	COMPRESORA DE AIRE	hm	1.0000	2.6667	5.50	14.67
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	120.96	3.63
480040142	EQUIPO DE SOLDAR	hm	1.0000	2.6667	12.00	32.00

Partida: 1.3.4.3.5 SUMINISTRO Y COLOCADO DE CABLE TENSOR DE Ø1/2" Rendimiento:100 m/Día

Costo unitario por m **8.99**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**3.63**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0800	26.46	2.12
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0800	18.90	1.51
MATERIALES						**5.25**
020040155	CABLE DE ACERO INOXIDABLE TIPO RETENIDA Ø1/2" (CABLE TENSOR)	m	-	1.0500	5.00	5.25
EQUIPO						**0.11**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	3.63	0.11

Partida: 1.3.4.3.6 SUMINISTRO Y COLOCADO DE ANCLAJE P/CABLE TENSOR DE Ø1/2" Rendimiento:6 jgo/Día

Costo unitario por jgo **196.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**63.11**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	26.46	35.28
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	1.3333	20.87	27.83
MATERIALES						**114.00**
020040156	GANCHO SIMPLE DE ACERO P/ANCLAJE (CABLE TENSOR)	und	-	1.0000	5.00	5.00
020040157	GUARDACABO PARA CABLE DE 1/2"	und	-	2.0000	4.00	8.00
020040158	TENSOR DE CABLE DE ACERO INOXIDABLE GALV.	und	-	1.0000	6.00	6.00
300040138	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	-	4.0000	18.00	72.00
020040160	PERNO HEXAGONAL DE 5/8"x2" (INCLUIDO ARANDELA Y TUERCA)	und	-	2.0000	2.50	5.00
650040001	ABRAZADERA DE FIERRO GALVANIZADO DE 1/2"	und	-	6.0000	3.00	18.00
EQUIPO						**18.89**
490040159	TALADRO DE MANO	he	0.5000	0.6667	1.50	1.00
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	63.11	1.89
480040142	EQUIPO DE SOLDAR	hm	1.0000	1.3333	12.00	16.00

Partida: 1.3.4.4.1 ARMADURA DE CERCHA METÁLICA VIGA A Rendimiento:1 und/Día

Costo unitario por und **3,364.49**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**742.00**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	26.46	211.68
470040001	SOLDADOR	hh	1.0000	8.0000	28.49	227.92
471060004	PEÓN	hh	2.0000	16.0000	18.90	302.40
MATERIALES						**2,504.23**
300040138	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	-	4.0000	18.00	72.00
300040139	DISCO DE DESBASTE 7"	und	-	0.3000	12.00	3.60
560040161	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x50x2mm DE 6m	und	-	9.2700	99.00	917.73
300040151	MASILLA EPOXICA	und	-	4.0000	13.50	54.00
300040141	DISCO DE CORTE 12"	und	-	0.2200	175.00	38.50
560040152	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x100x2.5mm DE 6m	und	-	7.8800	180.00	1,418.40
EQUIPO						**118.26**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	742.00	22.26
480040142	EQUIPO DE SOLDAR	hm	1.0000	8.0000	12.00	96.00

Partida: 1.3.4.4.2 IZADO Y MONTAJE CERCHA METÁLICA VIGA A Rendimiento:4 und/Día

Costo unitario por und **371.11**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**276.22**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	4.0000	26.46	105.84
470040001	SOLDADOR	hh	1.0000	2.0000	28.49	56.98
471060004	PEÓN	hh	3.0000	6.0000	18.90	113.40
MATERIALES						**3.60**
300040138	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	-	0.2000	18.00	3.60
EQUIPO						**91.29**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	hm	2.0000	4.0000	1.00	4.00
480040153	TECLE DE 2 TON.	hm	1.0000	2.0000	5.00	10.00
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	276.22	8.29
480040142	EQUIPO DE SOLDAR	hm	1.0000	2.0000	12.00	24.00
490040143	GRÚA SOBRE CAMIÓN 12m	hm	0.1250	0.2500	180.00	45.00

Partida: 1.3.4.4.3 PINTURA CERCHA METÁLICA VIGA A — Rendimiento:8 und/Día

Costo unitario por und: **509.74**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**35.91**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.5000	18.90	9.45
MATERIALES						**467.25**
530040001	THINER	gln	-	4.0000	26.50	106.00
541060001	PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gln	-	2.5000	57.00	142.50
540040001	PINTURA ANTICORROSIVA	gln	-	2.5000	87.50	218.75
EQUIPO						**6.58**
490040146	COMPRESORA DE AIRE	hm	1.0000	1.0000	5.50	5.50
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	35.91	1.08

Partida: 1.3.4.5.1 CORREAS DE 40x80mm e=2 mm (INCLUYE PINTURA) — Rendimiento:60 m/Día

Costo unitario por m: **46.70**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**18.69**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1333	26.46	3.53
470040001	SOLDADOR	hh	2.0000	0.2667	28.49	7.60
471060004	PEÓN	hh	3.0000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**25.12**
300040138	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	-	0.0300	18.00	0.54
530040001	THINER	gln	-	0.0200	26.50	0.53
541060001	PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gln	-	0.0150	57.00	0.86
540040001	PINTURA ANTICORROSIVA	gln	-	0.0150	87.50	1.31
560040162	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 40x80x2mm DE 6m	und	-	0.1750	125.00	21.88
EQUIPO						**2.89**
490040146	COMPRESORA DE AIRE	hm	1.0000	0.1333	5.50	0.73
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	18.69	0.56
480040142	EQUIPO DE SOLDAR	hm	1.0000	0.1333	12.00	1.60

Partida: 1.3.4.6.1 COBERTURA DE ALUZINC 1.07m x 5.0m x 0.4mm — Rendimiento:65 m²/Día

Costo unitario por m²: **43.04**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**10.48**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1231	26.46	3.26
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.1231	20.87	2.57
471060004	PEÓN	hh	2.0000	0.2462	18.90	4.65
MATERIALES						**32.25**
260040001	TORNILLO AUTOPERFORANTE DE CABEZA HEXAGONAL Nº 10 x 3/4" CON ARANDELA DE NEOPRENE	und	-	1.0000	2.25	2.25
520040001	COBERTURA DE ALUZINC 1.07m x 5.15m x 0.4mm	pln	-	0.2000	150.00	30.00
EQUIPO						**0.31**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	10.48	0.31

Partida: 1.3.4.7.1 SUMINISTRO E INSTALACION DE GRUA DE 5 TONELADAS — Rendimiento: und

Costo unitario por und: **120,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**120,000.00**
300010002	SC SUMINISTRO E INSTALACION DE GRUA DE 5 TONELADAS	und	-	1.0000	120,000.00	120,000.00

Partida: 1.3.4.8.1 SUMINISTRO E INSTALACION DE BALCON METALICO Rendimiento: m

Costo unitario por m **1,500.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**1,500.00**
300010003	SUMINISTRO E INSTALACION DE BALCON METALICO	m	-	1.0000	1,500.00	1,500.00

Partida: 1.4.1.1 MURO SOGA DE LADRILLO KING KONG C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5 Rendimiento:9 m²/Día

Costo unitario por m² **117.45**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**40.32**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8889	26.46	23.52
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.8889	18.90	16.80
MATERIALES						**75.48**
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.2330	29.00	6.76
300040129	AGUA	m³	-	0.0100	15.00	0.15
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.0330	90.00	2.97
170040001	LADRILLO KING KONG TIPO IV 9x13x24 cm	und	-	41.0000	1.60	65.60
EQUIPO						**1.65**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	hm	0.5000	0.4444	1.00	0.44
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	40.32	1.21

Partida: 1.4.2.1 TARRAJEO EN MUROS, INTERIOR Y EXTERIOR C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm Rendimiento:12 m²/Día

Costo unitario por m² **31.85**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**23.94**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	26.46	17.64
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.3333	18.90	6.30
MATERIALES						**6.86**
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.0170	135.00	2.30
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.1210	29.00	3.51
300040129	AGUA	m³	-	0.0700	15.00	1.05
EQUIPO						**1.05**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	0.5000	0.0417	8.00	0.33
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	23.94	0.72

Partida: 1.4.2.2 TARRAJEO DE SUPERFICE DE COLUMNAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm Rendimiento:10 m²/Día

Costo unitario por m² **36.85**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**28.73**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	26.46	21.17
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**6.86**
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.0170	135.00	2.30
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.1210	29.00	3.51
300040129	AGUA	m³	-	0.0700	15.00	1.05
EQUIPO						**1.26**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	0.5000	0.0500	8.00	0.40
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	28.73	0.86

Partida: 1.4.2.3 TARRAJEO DE SUPERFICE DE VIGAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm Rendimiento:9 m²/Día

Costo unitario por m² **40.18**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**31.92**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8889	26.46	23.52
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4444	18.90	8.40
MATERIALES						**6.86**
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.0170	135.00	2.30
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.1210	29.00	3.51
300040129	AGUA	m³	-	0.0700	15.00	1.05
EQUIPO						**1.40**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	0.5000	0.0556	8.00	0.44
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	31.92	0.96

Partida: 1.4.3.1.1 NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL Rendimiento:60 m²/Día

Costo unitario por m² **10.12**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**7.82**
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	20.87	2.78
471060004	PEÓN	hh	2.0000	0.2667	18.90	5.04
EQUIPO						**2.30**
490040130	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA DE 4 HP	hm	1.0000	0.1333	15.50	2.07
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	7.82	0.23

Partida: 1.4.3.1.2 EMPEDRADO DE VEREDAS Rendimiento:40 m²/Día

Costo unitario por m² **27.23**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**15.51**
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.2000	20.87	4.17
471060004	PEÓN	hh	3.0000	0.6000	18.90	11.34
MATERIALES						**11.25**
050040195	PIEDRA MEDIANA DE 6"	m³	-	0.1500	75.00	11.25
EQUIPO						**0.47**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	15.51	0.47

Partida: 1.4.3.1.3 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VEREDAS Rendimiento:12 m²/Día

Costo unitario por m² **55.55**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**31.55**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	26.46	17.64
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	20.87	13.91
MATERIALES						**23.05**
020040136	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	-	0.2600	6.30	1.64
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.1300	8.00	1.04
430040137	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	-	4.8500	4.20	20.37
EQUIPO						**0.95**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	31.55	0.95

Partida: 1.4.3.1.4 VEREDA DE CONCRETO f'c=175 kg/cm2 e=0.10 m INC. BRUÑAS Rendimiento:80 m²/Día

Costo unitario por m² **71.44**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**22.50**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	0.2000	26.46	5.29
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.1000	20.87	2.09
471060004	PEÓN	hh	8.0000	0.8000	18.90	15.12
MATERIALES						**46.26**
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.0100	135.00	1.35
050040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	-	0.0800	80.00	6.40
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	1.0000	29.00	29.00
300040129	AGUA	m³	-	0.1840	15.00	2.76
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.0500	90.00	4.50
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.1000	22.50	2.25
EQUIPO						**2.68**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	22.50	0.68
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.1000	20.00	2.00

Partida: 1.4.3.1.5 JUNTAS ASFÁLTICAS Rendimiento:100 m/Día

Costo unitario por m **8.67**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**4.85**
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	0.1600	20.87	3.34
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0800	18.90	1.51
MATERIALES						**3.67**
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.0045	135.00	0.61
130040001	ASFALTO RC-250	gln	-	0.1330	23.00	3.06
EQUIPO						**0.15**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	4.85	0.15

Partida: 1.4.3.1.6 CURADO DE CONCRETO Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.4.4.1 PUERTA METÁLICA DE INGRESO DE 2.49x2.85 m INC. PINTURA ANTICORROSIVA Y CERRADURA Rendimiento: und

Costo unitario por und **2,838.60**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**2,838.60**
030040197	SC PUERTA METÁLICA DE 2.49x2.85 m INC. PINTURA ANTICORROSIVA Y CERRAJERÍA	und	-	1.0000	2,838.60	2,838.60

Partida: 1.4.4.2 CERCO CON MALLA OLÍMPICA GALVANIZADA DE 2"x2", Nº 10, ANGULAR DE 1 1/2"x1 1/2"x3/16" Rendimiento:6 m²/Día

Costo unitario por m² **187.89**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**79.47**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	26.46	35.28
470040001	SOLDADOR	hh	0.5000	0.6667	28.49	18.99
471060004	PEÓN	hh	1.0000	1.3333	18.90	25.20
MATERIALES						**85.38**
300040138	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	-	0.0625	18.00	1.13
300040139	DISCO DE DESBASTE 7"	und	-	0.0250	12.00	0.30
460040001	MALLA OLÍMPICA DE 2"x2" - ALAMBRE Nº 10 - ROLLO 20m x 2m	rll	-	0.0263	710.00	18.67
510040198	PERFIL ANGULAR DE 1 1/2"x1 1/2"x3/16", L = 6m	und	-	0.4000	80.00	32.00
510040199	PERFIL TEE DE 1 1/2"x1 1/2"x3/16", L = 6m	und	-	0.2000	100.00	20.00
530040001	THINER	gln	-	0.0500	26.50	1.33
541060001	PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gln	-	0.0500	57.00	2.85
540040001	PINTURA ANTICORROSIVA	gln	-	0.0500	87.50	4.38
300040141	DISCO DE CORTE 12"	und	-	0.0250	175.00	4.38
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.0150	22.50	0.34
EQUIPO						**23.04**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	1.0000	0.1667	8.00	1.33
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	79.47	2.38
480040142	EQUIPO DE SOLDAR	hm	1.0000	1.3333	12.00	16.00
480040200	AMOLADORA	dia	1.0000	0.1667	20.00	3.33

Partida: 1.4.4.3 POSTES PARA MALLA OLÍMPICA CON TUBO DE FºGº Ø=2" DE e=2mm Rendimiento:5 und/Día

Costo unitario por und **222.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**95.37**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	26.46	42.34
470040001	SOLDADOR	hh	0.5000	0.8000	28.49	22.79
471060004	PEÓN	hh	1.0000	1.6000	18.90	30.24
MATERIALES						**99.90**
300040138	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	-	0.5000	18.00	9.00
300040139	DISCO DE DESBASTE 7"	und	-	0.1000	12.00	1.20
530040001	THINER	gln	-	0.1000	26.50	2.65
541060001	PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gln	-	0.1000	57.00	5.70
540040001	PINTURA ANTICORROSIVA	gln	-	0.1000	87.50	8.75
560040201	PLANCHA DE ACERO LAC 6mm x1.20m x2.40m (1/4")	pln	-	0.0100	665.00	6.65
650040202	TUBO DE FºGº Ø=2", e=2mm, L=6m	und	-	0.5250	88.00	46.20
300040141	DISCO DE CORTE 12"	und	-	0.1000	175.00	17.50
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.1000	22.50	2.25
EQUIPO						**27.66**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	1.0000	0.2000	8.00	1.60
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	95.37	2.86
480040142	EQUIPO DE SOLDAR	hm	1.0000	1.6000	12.00	19.20
480040200	AMOLADORA	dia	1.0000	0.2000	20.00	4.00

Partida: 1.4.5.1 VIDRIO NACIONAL DOBLE APRA FACHADA Rendimiento: m²

Costo unitario por m² **450.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**450.00**
300010004	SC SUMINISTRO E INSTALACION DE CRIDRIO INC ESTRUCTURA	m²	-	1.0000	450.00	450.00

Partida: 1.4.6.1 PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES 2 MANOS Rendimiento:40 m²/Día

Costo unitario por m² **13.64**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**9.07**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2000	26.46	5.29
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2000	18.90	3.78
MATERIALES						**4.20**
540040163	IMPRIMANTE	gln	-	0.0500	30.00	1.50
540040164	PINTURA LATEX	gln	-	0.0500	40.00	2.00
540040165	SELLADOR PARA MUROS	gln	-	0.0250	25.00	0.63
300040166	LIJA PARA MADERA	und	-	0.0400	1.80	0.07
EQUIPO						**0.37**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	0.5000	0.0125	8.00	0.10
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	9.07	0.27

Partida: 1.4.6.2 PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES 2 MANOS Rendimiento:38 m²/Día

Costo unitario por m² **17.15**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**9.55**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2105	26.46	5.57
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2105	18.90	3.98
MATERIALES						**7.10**
540040163	IMPRIMANTE	gln	-	0.0500	30.00	1.50
540040167	PINTURA LATEX SATINADO	gln	-	0.0500	98.00	4.90
540040165	SELLADOR PARA MUROS	gln	-	0.0250	25.00	0.63
300040166	LIJA PARA MADERA	und	-	0.0400	1.80	0.07
EQUIPO						**0.50**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	1.0000	0.0263	8.00	0.21
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	9.55	0.29

Partida: 1.4.6.3 PINTURA LATEX INTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS Rendimiento:40 m²/Día

Costo unitario por m² **13.64**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**9.07**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2000	26.46	5.29
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2000	18.90	3.78
MATERIALES						**4.20**
540040163	IMPRIMANTE	gln	-	0.0500	30.00	1.50
540040164	PINTURA LATEX	gln	-	0.0500	40.00	2.00
540040165	SELLADOR PARA MUROS	gln	-	0.0250	25.00	0.63
300040166	LIJA PARA MADERA	und	-	0.0400	1.80	0.07
EQUIPO						**0.37**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	0.5000	0.0125	8.00	0.10
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	9.07	0.27

Partida: 1.4.6.4 PINTURA LATEX EXTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS Rendimiento:38 m²/Día

Costo unitario por m² **17.05**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**9.55**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2105	26.46	5.57
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2105	18.90	3.98
MATERIALES						**7.10**
540040163	IMPRIMANTE	gln	-	0.0500	30.00	1.50
540040167	PINTURA LATEX SATINADO	gln	-	0.0500	98.00	4.90
540040165	SELLADOR PARA MUROS	gln	-	0.0250	25.00	0.63
300040166	LIJA PARA MADERA	und	-	0.0400	1.80	0.07
EQUIPO						**0.40**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	0.5000	0.0132	8.00	0.11
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	9.55	0.29

Partida: 1.4.7.1.1 CORTE SUPERFICIAL MANUAL E=20CM Rendimiento:20 m²/Día

Costo unitario por m² **13.49**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**12.85**
471060003	OPERARIO	hh	0.5000	0.2000	26.46	5.29
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.4000	18.90	7.56
EQUIPO						**0.64**
370010001	Herramientas	%mo	-	5.0000	12.85	0.64

Partida: 1.4.7.1.2 SEMBRIO DE GRASS INC ARBOLES Rendimiento:30 m²/Día

Costo unitario por m² **32.75**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**8.57**
471060003	OPERARIO	hh	0.5000	0.1333	26.46	3.53
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2667	18.90	5.04
MATERIALES						**23.75**
040040001	TIERRA NEGRA	m³	-	0.0250	150.00	3.75
300010001	Grass sintetico de 7mm	m²	-	1.0000	20.00	20.00
EQUIPO						**0.43**
370010001	Herramientas	%mo	-	5.0000	8.57	0.43

Partida: 1.5.1.1 ACOMETIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN INC. PAGO A CONCESIONARIA Rendimiento: glb

Costo unitario por glb **800.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**800.00**
300040173	ACOMETIDA PARA ENERGÍA ELÉCTRICA	glb	-	1.0000	800.00	800.00

Partida: 1.5.2.1.1 SALIDA DE TECHO PARA REFLECTOR Rendimiento:8 pto/Día

Costo unitario por pto **40.69**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**35.91**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.5000	18.90	9.45
MATERIALES						**3.70**
740040001	CURVA PVC SAP 1"	pza	-	1.0000	3.70	3.70
EQUIPO						**1.08**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	35.91	1.08

Partida: 1.5.2.1.2 CAJA DE PASO OCTOGONAL DE FºGº DE 100x55mm Rendimiento:14 und/Día

Costo unitario por und **60.10**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**15.12**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5714	26.46	15.12
MATERIALES						**44.53**
120040001	CAJA OCTOGONAL GALVANIZADO 100x55 mm	und	-	1.0000	5.35	5.35
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0030	160.00	0.48
740040174	CONECTOR PVC SAP 1"	pza	-	3.0000	12.90	38.70
EQUIPO						**0.45**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	15.12	0.45

Partida: 1.5.2.2.1 TUBERÍA PVC-P PESADO DE 25 mm Rendimiento:180 m/Día

Costo unitario por m **7.56**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.01**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0444	26.46	1.17
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0444	18.90	0.84
MATERIALES						**5.49**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0010	160.00	0.16
740040175	TUBO PVC SAP ELÉCTRICA 1"X3 m.	und	-	0.3500	15.00	5.25
740040176	UNIÓN SIMPLE PVC SAP (ELÉCTRICA) 1"	pza	-	0.0500	1.50	0.08
EQUIPO						**0.06**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.01	0.06

Partida: 1.5.2.3.1 CONDUCTOR N2XH DE 6 mm2 Rendimiento:100 m/Día

Costo unitario por m **7.54**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.88**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0800	26.46	2.12
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.0400	18.90	0.76
MATERIALES						**4.57**
080040001	CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO N2XH DE 1X6 mm2	m	-	1.0500	4.20	4.41
300040177	CINTA AISLANTE ELECTRICA	und	-	0.0200	7.90	0.16
EQUIPO						**0.09**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.88	0.09

Partida: 1.5.2.3.2 CONDUCTOR VULCANIZADO NLT DE 4 mm2 Rendimiento:120 m/Día

Costo unitario por m **5.56**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.39**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0667	26.46	1.76
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.0333	18.90	0.63
MATERIALES						**3.10**
300040177	CINTA AISLANTE ELECTRICA	und	-	0.0200	7.90	0.16
190040001	CONDUCTOR VULCANIZADO NLT 1x4mm2	m	-	1.0500	2.80	2.94
EQUIPO						**0.07**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.39	0.07

Partida: 1.5.2.3.3 CABLE DE COBRE DESNUDO DE 6mm2 Rendimiento:100 m/Día

Costo unitario por m **7.86**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.88**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0800	26.46	2.12
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.0400	18.90	0.76
MATERIALES						**4.89**
060040001	CABLE DE COBRE DESNUDO DE 6 mm2	m	-	1.0500	4.50	4.73
300040177	CINTA AISLANTE ELECTRICA	und	-	0.0200	7.90	0.16
EQUIPO						**0.09**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.88	0.09

Partida: 1.5.2.4.1 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CAJA METÁLICA DE 12 POLOS Rendimiento:2 und/Día

Costo unitario por und **214.25**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**143.64**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	4.0000	26.46	105.84
471060004	PEÓN	hh	0.5000	2.0000	18.90	37.80
MATERIALES						**66.30**
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.1000	135.00	13.50
120040178	TABLERO METÁLICO DE 12 POLOS	und	-	1.0000	47.00	47.00
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.2000	29.00	5.80
EQUIPO						**4.31**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	143.64	4.31

Partida: 1.5.2.5.1 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x32A Rendimiento:16 und/Día

Costo unitario por und **58.36**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**22.68**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5000	26.46	13.23
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.5000	18.90	9.45
MATERIALES						**35.00**
120040179	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x32A	und	-	1.0000	35.00	35.00
EQUIPO						**0.68**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	22.68	0.68

Partida: 1.5.2.5.2 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A Rendimiento:16 und/Día

Costo unitario por und **66.26**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**22.68**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5000	26.46	13.23
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.5000	18.90	9.45
MATERIALES						**42.90**
120040180	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A	und	-	1.0000	42.90	42.90
EQUIPO						**0.68**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	22.68	0.68

Partida: 1.5.3.1 EXCAVACIÓN DE HOYO PARA POZO DE PUESTA A TIERRA Rendimiento:2.5 m³/Día

Costo unitario por m³ **62.29**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**60.48**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	3.2000	18.90	60.48
EQUIPO						**1.81**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	60.48	1.81

Partida: 1.5.3.2 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Rendimiento:1 und/Día

Costo unitario por und **1,888.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**908.48**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	16.0000	26.46	423.36
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	16.0000	20.87	333.92
471060004	PEÓN	hh	1.0000	8.0000	18.90	151.20
MATERIALES						**953.20**
040040001	TIERRA NEGRA	m³	-	2.5000	150.00	375.00
060040181	VARILLA DE COBRE 3/4" X 2.40 m	und	-	1.0000	297.50	297.50
060040182	CONECTOR Cu ANDERSON DE 25 mm2	und	-	1.0000	17.90	17.90
300040183	SAL INDUSTRIAL X 30 kg	sac	-	1.0000	45.00	45.00
300040184	BENTONITA SÓDICA x 30 kg	sac	-	1.0000	38.00	38.00
300040185	CEMENTO CONDUCTIVO X 25kg	sac	-	1.0000	134.90	134.90
210040186	CAJA DE REGISTRO PARA PUESTA A TIERRA	und	-	1.0000	44.90	44.90
EQUIPO						**27.25**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	908.48	27.25

Partida: 1.5.4.1 LUMINARIA HIGH BAY LED 1X150W Rendimiento:10 und/Día

Costo unitario por und **209.59**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**28.73**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	26.46	21.17
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**180.00**
300010015	LUMINARIA HIGH BAY LED 1X150W	und	-	1.0000	180.00	180.00
EQUIPO						**0.86**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	28.73	0.86

Partida: 1.5.4.2 LUMINARIA FLUORESCENTE LINEAL 2X40WATT Rendimiento:10 und/Día

Costo unitario por und **109.59**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**28.73**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	26.46	21.17
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**80.00**
300010016	LUMINARIA FLUORESCENTE LINEAL 2X40WATT	und	-	1.0000	80.00	80.00
EQUIPO						**0.86**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	28.73	0.86

Partida: 1.5.4.3 LUMINARIA HERMETICA PARA ADOSAR CON 2 CAMPANAS LET DE 16 WATT IP 65 Rendimiento:10 und/Día

Costo unitario por und **124.59**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**28.73**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	26.46	21.17
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**95.00**
300010017	LUMINARIA HERMETICA PARA ADOSAR CON 2 CAMPANAS LET DE 16 WATT IP 65	und	-	1.0000	95.00	95.00
EQUIPO						**0.86**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	28.73	0.86

Partida: 1.6.1.1.1 INODORO TANQUE BAJO INC. INSTALACIÓN Rendimiento:4 und/Día

Costo unitario por und **329.91**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**52.92**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	26.46	52.92
MATERIALES						**275.40**
020040258	PERNOS DE SUJECIÓN PARA INODORO	par	-	1.0000	2.00	2.00
100040001	INODORO TANQUE BAJO	und	-	1.0000	235.00	235.00
100040259	TUBO DE ABASTO 1/2" x 5/8" x 35 cm	und	-	1.0000	12.30	12.30
100040260	BASE Y TAPA DE INODORO	und	-	1.0000	21.00	21.00
300040261	ANILLO DE CERA	und	-	1.0000	5.10	5.10
EQUIPO						**1.59**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	52.92	1.59

Partida: 1.6.1.1.2 LAVATORIO DE LOSA COLOR NACIONAL C/PEDESTAL INC. INSTALACIÓN Rendimiento:4 und/Día

Costo unitario por und **385.11**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**52.92**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	26.46	52.92
MATERIALES						**330.60**
100040262	LAVATORIO DE LOSA NACIONAL COLOR C/PEDESTAL	und	-	1.0000	125.00	125.00
100040259	TUBO DE ABASTO 1/2" x 5/8" x 35 cm	und	-	1.0000	12.30	12.30
100040263	GRIFO PARA LAVAMANOS CROMADO	und	-	1.0000	160.00	160.00
260040264	TIRAFON DE 1/4" x 3"	und	-	2.0000	2.00	4.00
300040265	CINTA TEFLÓN	und	-	0.1000	3.00	0.30
100040266	TRAMPA "P" CROMADA P/LAVADADERO 1 1/2"	und	-	1.0000	29.00	29.00
EQUIPO						**1.59**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	52.92	1.59

Partida: 1.6.1.1.3 URINARIO TIPO PICO BLANCO INC. INSTALACIÓN Rendimiento:4 und/Día

Costo unitario por und **274.51**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**52.92**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	26.46	52.92
MATERIALES						**220.00**
100040267	URINARIO PICO BLANCO INC. ACCESORIOS	und	-	1.0000	220.00	220.00
EQUIPO						**1.59**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	52.92	1.59

Partida: 1.6.2.1.1 SALIDAS DE AGUA FRÍA CON TUBERÍA PVC-SAP DE 1/2" Rendimiento:4 pto/Día

Costo unitario por pto **99.81**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**90.72**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	26.46	52.92
471060004	PEÓN	hh	1.0000	2.0000	18.90	37.80
MATERIALES						**6.37**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
300040265	CINTA TEFLÓN	und	-	0.2500	3.00	0.75
300040268	FORMADOR DE EMPAQUETADURA	Env	-	0.0200	12.90	0.26
300040140	LIJA DE FIERRO # 80	und	-	0.0120	2.50	0.03
650040269	CODO GALVANIZADO DE 90º x 1/2"	und	-	1.0000	3.00	3.00
720040270	TUBERÍA PVC SAP 1/2" x 5m C-10	und	-	0.1000	16.90	1.69
EQUIPO						**2.72**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	90.72	2.72

Partida: 1.6.2.2.1 TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS Rendimiento:750 m/Día

Costo unitario por m **1.94**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.69**
471060005	TOPÓGRAFO	hh	1.0000	0.0107	27.47	0.29
471060004	PEÓN	hh	2.0000	0.0213	18.90	0.40
MATERIALES						**0.97**
300040125	YESO EN BOLSA DE 28 Kg	bol	-	0.0250	13.00	0.33
300040126	CORDEL PARA TRAZOS	m	-	0.0250	3.00	0.08
430040127	ESTACAS MADERA 2"X2"X1'	p²	-	0.2000	2.80	0.56
EQUIPO						**0.28**
490040001	ESTACIÓN TOTAL INC/PRISMAS	hm	1.0000	0.0107	17.50	0.19
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.69	0.02
490040128	NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	1.0000	0.0107	6.50	0.07

Partida: 1.6.2.2.2 EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO Rendimiento:3 m³/Día

Costo unitario por m³ **51.91**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**50.40**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	2.6667	18.90	50.40
EQUIPO						**1.51**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	50.40	1.51

Partida: 1.6.2.2.3 REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO Rendimiento:30 m/Día

Costo unitario por m **5.19**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**5.04**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2667	18.90	5.04
EQUIPO						**0.15**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	5.04	0.15

Partida: 1.6.2.2.4 CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m Rendimiento:75 m²/Día

Costo unitario por m² **11.71**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.02**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.1067	18.90	2.02
MATERIALES						**9.63**
300040129	AGUA	m³	-	0.0120	15.00	0.18
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.1050	90.00	9.45
EQUIPO						**0.06**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.02	0.06

Partida: 1.6.2.2.5 RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL Rendimiento:25 m³/Día

Costo unitario por m³ **40.31**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**32.66**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	26.46	8.47
471060004	PEÓN	hh	4.0000	1.2800	18.90	24.19
MATERIALES						**0.75**
300040129	AGUA	m³	-	0.0500	15.00	0.75
EQUIPO						**6.90**
490040130	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA DE 4 HP	hm	1.0000	0.3200	15.50	4.96
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	32.66	0.98
490040271	ZARANDA	hm	1.0000	0.3200	3.00	0.96

Partida: 1.6.2.2.6 TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 1/2" Rendimiento:25 m/Día

Costo unitario por m **20.24**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**15.15**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	26.46	8.47
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	20.87	6.68
MATERIALES						**4.64**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
300040265	CINTA TEFLÓN	und	-	0.1500	3.00	0.45
720040270	TUBERÍA PVC SAP 1/2" x 5m C-10	und	-	0.2100	16.90	3.55
EQUIPO						**0.45**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	15.15	0.45

Partida: 1.6.2.2.7 TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 3/4" Rendimiento:25 m/Día

Costo unitario por m **23.18**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**15.15**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	26.46	8.47
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	20.87	6.68
MATERIALES						**7.58**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
300040265	CINTA TEFLÓN	und	-	0.1500	3.00	0.45
720040272	TUBERÍA PVC SAP 3/4" x 5m C-10	und	-	0.2100	30.90	6.49
EQUIPO						**0.45**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	15.15	0.45

Partida: 1.6.2.3.1 TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS Rendimiento:750 m/Día

Costo unitario por m **1.94**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.69**
471060005	TOPÓGRAFO	hh	1.0000	0.0107	27.47	0.29
471060004	PEÓN	hh	2.0000	0.0213	18.90	0.40
MATERIALES						**0.97**
300040125	YESO EN BOLSA DE 28 Kg	bol	-	0.0250	13.00	0.33
300040126	CORDEL PARA TRAZOS	m	-	0.0250	3.00	0.08
430040127	ESTACAS MADERA 2"X2"X1'	p²	-	0.2000	2.80	0.56
EQUIPO						**0.28**
490040001	ESTACIÓN TOTAL INC/PRISMAS	hm	1.0000	0.0107	17.50	0.19
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.69	0.02
490040128	NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	1.0000	0.0107	6.50	0.07

Partida: 1.6.2.3.2 EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO Rendimiento:3 m³/Día

Costo unitario por m³ **51.91**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**50.40**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	2.6667	18.90	50.40
EQUIPO						**1.51**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	50.40	1.51

Partida: 1.6.2.3.3 REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO Rendimiento:30 m/Día

Costo unitario por m **5.19**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**5.04**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2667	18.90	5.04
EQUIPO						**0.15**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	5.04	0.15

Partida: 1.6.2.3.4 CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m Rendimiento:75 m²/Día

Costo unitario por m² **11.71**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.02**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.1067	18.90	2.02
MATERIALES						**9.63**
300040129	AGUA	m³	-	0.0120	15.00	0.18
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.1050	90.00	9.45
EQUIPO						**0.06**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.02	0.06

Partida: 1.6.2.3.5 RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL Rendimiento:25 m³/Día

Costo unitario por m³ **40.31**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**32.66**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	26.46	8.47
471060004	PEÓN	hh	4.0000	1.2800	18.90	24.19
MATERIALES						**0.75**
300040129	AGUA	m³	-	0.0500	15.00	0.75
EQUIPO						**6.90**
490040130	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA DE 4 HP	hm	1.0000	0.3200	15.50	4.96
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	32.66	0.98
490040271	ZARANDA	hm	1.0000	0.3200	3.00	0.96

Partida: 1.6.2.3.6 TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 3/4" Rendimiento:25 m/Día

Costo unitario por m **23.18**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**15.15**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	26.46	8.47
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	20.87	6.68
MATERIALES						**7.58**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
300040265	CINTA TEFLÓN	und	-	0.1500	3.00	0.45
720040272	TUBERÍA PVC SAP 3/4" x 5m C-10	und	-	0.2100	30.90	6.49
EQUIPO						**0.45**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	15.15	0.45

Partida: 1.6.2.3.7 TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 1" Rendimiento:25 m/Día

Costo unitario por m **26.77**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**15.15**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	26.46	8.47
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	20.87	6.68
MATERIALES						**11.17**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
300040265	CINTA TEFLÓN	und	-	0.1500	3.00	0.45
720040273	TUBERÍA PVC SAP 1" x 5m C-10	und	-	0.2100	48.00	10.08
EQUIPO						**0.45**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	15.15	0.45

Partida: 1.6.2.4.1 CODO PVC SAP DE 90º x 1/2" Rendimiento:20 und/Día

Costo unitario por und **13.25**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**10.58**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	26.46	10.58
MATERIALES						**2.35**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
300040265	CINTA TEFLÓN	und	-	0.0200	3.00	0.06
720040274	CODO PVC SP 90º x 1/2"	und	-	1.1000	1.50	1.65
EQUIPO						**0.32**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	10.58	0.32

Partida: 1.6.2.4.2 CODO PVC SAP DE 90º x 3/4" Rendimiento:20 und/Día

Costo unitario por und **16.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**10.58**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	26.46	10.58
MATERIALES						**5.10**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
300040265	CINTA TEFLÓN	und	-	0.0200	3.00	0.06
720040275	CODO PVC SP 90º x 3/4"	und	-	1.1000	4.00	4.40
EQUIPO						**0.32**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	10.58	0.32

Partida: 1.6.2.4.3 TEE PVC SAP DE 1/2" Rendimiento:20 und/Día

Costo unitario por und **14.35**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**10.58**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	26.46	10.58
MATERIALES						**3.45**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
300040265	CINTA TEFLÓN	und	-	0.0200	3.00	0.06
720040276	TEE PVC SP 90º x 1/2"	und	-	1.1000	2.50	2.75
EQUIPO						**0.32**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	10.58	0.32

Partida: 1.6.2.4.4 TEE PVC SAP DE 3/4" Rendimiento:20 und/Día

Costo unitario por und **17.65**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**10.58**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	26.46	10.58
MATERIALES						**6.75**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
300040265	CINTA TEFLÓN	und	-	0.0200	3.00	0.06
720040277	TEE PVC SP 90º x 3/4"	und	-	1.1000	5.50	6.05
EQUIPO						**0.32**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	10.58	0.32

Partida: 1.6.2.4.5 TEE PVC SAP DE 1" Rendimiento:20 und/Día

Costo unitario por und **23.15**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**10.58**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	26.46	10.58
MATERIALES						**12.25**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
300040265	CINTA TEFLÓN	und	-	0.0200	3.00	0.06
720040278	TEE PVC SP 90º x 1"	und	-	1.1000	10.50	11.55
EQUIPO						**0.32**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	10.58	0.32

Partida: 1.6.2.4.6 REDUCCIÓN PVC DE 3/4" A 1/2" Rendimiento:20 und/Día

Costo unitario por und **14.35**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**10.58**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	26.46	10.58
MATERIALES						**3.45**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
300040265	CINTA TEFLÓN	und	-	0.0200	3.00	0.06
720040279	REDUCCIÓN PVC SP 3/4" A 1/2"	und	-	1.1000	2.50	2.75
EQUIPO						**0.32**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	10.58	0.32

Partida: 1.6.2.4.7 REDUCCIÓN PVC DE 1" A 3/4" Rendimiento:20 und/Día

Costo unitario por und **18.75**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**10.58**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	26.46	10.58
MATERIALES						**7.85**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
300040265	CINTA TEFLÓN	und	-	0.0200	3.00	0.06
720040280	REDUCCIÓN PVC SP 1" A 3/4"	und	-	1.1000	6.50	7.15
EQUIPO						**0.32**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	10.58	0.32

Partida: 1.6.2.5.1 VÁLVULA DE PASO DE 3/4" Rendimiento:8 und/Día

Costo unitario por und **141.96**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**36.90**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
471060002	OFICIAL	hh	0.5000	0.5000	20.87	10.44
MATERIALES						**103.95**
300040265	CINTA TEFLÓN	und	-	0.0500	3.00	0.15
650040281	UNIÓN UNIVERSAL DE FºGº DE 3/4"	und	-	2.0000	12.00	24.00
650040282	NIPLE DE Fº Gº DE 3/4" x 2"	und	-	2.0000	4.90	9.80
770040283	VÁLVULA ESFÉRICA DE 3/4"	und	-	1.0000	70.00	70.00
EQUIPO						**1.11**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	36.90	1.11

Partida: 1.6.2.5.2 CAJAS PARA VÁLVULA DE PASO Rendimiento:4 und/Día

Costo unitario por und **63.39**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**52.92**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	26.46	52.92
MATERIALES						**8.88**
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.0220	8.00	0.18
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.0180	135.00	2.43
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.1800	29.00	5.22
300040129	AGUA	m³	-	0.0700	15.00	1.05
EQUIPO						**1.59**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	52.92	1.59

Partida: 1.6.2.6.1 EMPALME A RED EXISTENTE DE AGUA Rendimiento:6 und/Día

Costo unitario por und **272.29**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**60.48**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	26.46	35.28
471060004	PEÓN	hh	1.0000	1.3333	18.90	25.20
MATERIALES						**190.00**
700040001	ACOPLE METÁLICO DE AMPLIO RANGO PARA TUBERÍA	und	-	1.0000	190.00	190.00
EQUIPO						**21.81**
480040284	MOTOBOMBA 5 HP DE 2" INCLUYE MANGUERA	hm	1.0000	1.3333	15.00	20.00
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	60.48	1.81

Partida: 1.6.2.6.2 PRUEBA HIDRÁULICA DE AGUA FRÍA Y DESINFECCIÓN DE TUBERÍA Rendimiento:350 m/Día

Costo unitario por m **1.50**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.04**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0229	26.46	0.61
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0229	18.90	0.43
MATERIALES						**0.09**
300040285	HIPOCLORITO DE CALCIO 70%	kg	-	0.0010	65.00	0.07
300040129	AGUA	m³	-	0.0010	15.00	0.02
EQUIPO						**0.37**
480040286	EQUIPO DE PRUEBA HIDRÁULICA	hm	1.0000	0.0229	15.00	0.34
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.04	0.03

Partida: 1.6.3.1.1 SALIDAS DE DESAGÜE CON TUBERÍA PVC-SAL DE 2" Rendimiento:4 pto/Día

Costo unitario por pto **104.57**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**90.72**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	26.46	52.92
471060004	PEÓN	hh	1.0000	2.0000	18.90	37.80
MATERIALES						**11.13**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0427	160.00	6.83
300040140	LIJA DE FIERRO # 80	und	-	0.0180	2.50	0.05
720040287	CODO PVC SAL 90º x 2"	und	-	0.5000	2.50	1.25
720040288	TUBO PVC SAL DE 2" x 3 m	und	-	0.1500	20.00	3.00
EQUIPO						**2.72**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	90.72	2.72

Partida: 1.6.3.1.2 SALIDAS DE DESAGÜE CON TUBERÍA PVC-SAL DE 4" Rendimiento:4 pto/Día

Costo unitario por pto **108.32**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**90.72**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	26.46	52.92
471060004	PEÓN	hh	1.0000	2.0000	18.90	37.80
MATERIALES						**14.88**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0427	160.00	6.83
300040140	LIJA DE FIERRO # 80	und	-	0.0180	2.50	0.05
720040233	TUBO PVC SAL DE 4" x 3 m	und	-	0.1500	45.00	6.75
720040287	CODO PVC SAL 90º x 2"	und	-	0.5000	2.50	1.25
EQUIPO						**2.72**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	90.72	2.72

Partida: 1.6.3.1.3 SALIDAS DE VENTILACIÓN CON TUBERÍA PVC-SAL DE 2" Rendimiento:6 pto/Día

Costo unitario por pto **73.42**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**60.48**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	26.46	35.28
471060004	PEÓN	hh	1.0000	1.3333	18.90	25.20
MATERIALES						**11.13**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0427	160.00	6.83
300040140	LIJA DE FIERRO # 80	und	-	0.0180	2.50	0.05
720040287	CODO PVC SAL 90º x 2"	und	-	0.5000	2.50	1.25
720040288	TUBO PVC SAL DE 2" x 3 m	und	-	0.1500	20.00	3.00
EQUIPO						**1.81**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	60.48	1.81

Partida: 1.6.3.2.1 TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS Rendimiento:750 m/Día

Costo unitario por m **1.94**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.69**
471060005	TOPÓGRAFO	hh	1.0000	0.0107	27.47	0.29
471060004	PEÓN	hh	2.0000	0.0213	18.90	0.40
MATERIALES						**0.97**
300040125	YESO EN BOLSA DE 28 Kg	bol	-	0.0250	13.00	0.33
300040126	CORDEL PARA TRAZOS	m	-	0.0250	3.00	0.08
430040127	ESTACAS MADERA 2"X2"X1'	p²	-	0.2000	2.80	0.56
EQUIPO						**0.28**
490040001	ESTACIÓN TOTAL INC/PRISMAS	hm	1.0000	0.0107	17.50	0.19
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.69	0.02
490040128	NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	1.0000	0.0107	6.50	0.07

Partida: 1.6.3.2.2 EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO Rendimiento:3 m³/Día

Costo unitario por m³ **51.91**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**50.40**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	2.6667	18.90	50.40
EQUIPO						**1.51**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	50.40	1.51

Partida: 1.6.3.2.3 REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO Rendimiento:30 m/Día

Costo unitario por m **5.19**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**5.04**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2667	18.90	5.04
EQUIPO						**0.15**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	5.04	0.15

Partida: 1.6.3.2.4 CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m Rendimiento:75 m²/Día

Costo unitario por m² **11.71**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.02**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.1067	18.90	2.02
MATERIALES						**9.63**
300040129	AGUA	m³	-	0.0120	15.00	0.18
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.1050	90.00	9.45
EQUIPO						**0.06**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.02	0.06

Partida: 1.6.3.2.5 RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL Rendimiento:25 m³/Día

Costo unitario por m³ **40.31**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**32.66**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	26.46	8.47
471060004	PEÓN	hh	4.0000	1.2800	18.90	24.19
MATERIALES						**0.75**
300040129	AGUA	m³	-	0.0500	15.00	0.75
EQUIPO						**6.90**
490040130	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA DE 4 HP	hm	1.0000	0.3200	15.50	4.96
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	32.66	0.98
490040271	ZARANDA	hm	1.0000	0.3200	3.00	0.96

Partida: 1.6.3.2.6 TUBERÍA PVC-SAL DE 2" Rendimiento:12 m/Día

Costo unitario por m **34.46**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**23.94**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	26.46	17.64
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.3333	18.90	6.30
MATERIALES						**9.80**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0150	160.00	2.40
720040288	TUBO PVC SAL DE 2" x 3 m	und	-	0.3700	20.00	7.40
EQUIPO						**0.72**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	23.94	0.72

Partida: 1.6.3.2.7 TUBERÍA PVC-SAL DE 4" Rendimiento:12 m/Día

Costo unitario por m **43.71**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**23.94**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	26.46	17.64
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.3333	18.90	6.30
MATERIALES						**19.05**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0150	160.00	2.40
720040233	TUBO PVC SAL DE 4" x 3 m	und	-	0.3700	45.00	16.65
EQUIPO						**0.72**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	23.94	0.72

Partida: 1.6.3.2.8 TUBERÍA PVC-SAL DE 2" VENTILACIÓN Rendimiento:16 m/Día

Costo unitario por m **28.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**17.96**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5000	26.46	13.23
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.2500	18.90	4.73
MATERIALES						**9.80**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0150	160.00	2.40
720040288	TUBO PVC SAL DE 2" x 3 m	und	-	0.3700	20.00	7.40
EQUIPO						**0.54**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	17.96	0.54

Partida: 1.6.3.3.1 TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS Rendimiento:750 m/Día

Costo unitario por m **1.94**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.69**
471060005	TOPÓGRAFO	hh	1.0000	0.0107	27.47	0.29
471060004	PEÓN	hh	2.0000	0.0213	18.90	0.40
MATERIALES						**0.97**
300040125	YESO EN BOLSA DE 28 Kg	bol	-	0.0250	13.00	0.33
300040126	CORDEL PARA TRAZOS	m	-	0.0250	3.00	0.08
430040127	ESTACAS MADERA 2"X2"X1'	p²	-	0.2000	2.80	0.56
EQUIPO						**0.28**
490040001	ESTACIÓN TOTAL INC/PRISMAS	hm	1.0000	0.0107	17.50	0.19
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.69	0.02
490040128	NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	1.0000	0.0107	6.50	0.07

Partida: 1.6.3.3.2 EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO Rendimiento:3 m³/Día

Costo unitario por m³ **51.91**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**50.40**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	2.6667	18.90	50.40
EQUIPO						**1.51**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	50.40	1.51

Partida: 1.6.3.3.3 REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO Rendimiento:30 m/Día

Costo unitario por m **5.19**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**5.04**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2667	18.90	5.04
EQUIPO						**0.15**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	5.04	0.15

Partida: 1.6.3.3.4 CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m Rendimiento:75 m²/Día

Costo unitario por m² **11.71**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.02**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.1067	18.90	2.02
MATERIALES						**9.63**
300040129	AGUA	m³	-	0.0120	15.00	0.18
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.1050	90.00	9.45
EQUIPO						**0.06**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.02	0.06

Partida: 1.6.3.3.5 RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL Rendimiento:25 m³/Día

Costo unitario por m³ **40.31**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**32.66**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	26.46	8.47
471060004	PEÓN	hh	4.0000	1.2800	18.90	24.19
MATERIALES						**0.75**
300040129	AGUA	m³	-	0.0500	15.00	0.75
EQUIPO						**6.90**
490040130	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA DE 4 HP	hm	1.0000	0.3200	15.50	4.96
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	32.66	0.98
490040271	ZARANDA	hm	1.0000	0.3200	3.00	0.96

Partida: 1.6.3.3.6 TUBERÍA PVC-SAL DE 4" Rendimiento:12 m/Día

Costo unitario por m **43.71**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**23.94**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	26.46	17.64
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.3333	18.90	6.30
MATERIALES						**19.05**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0150	160.00	2.40
720040233	TUBO PVC SAL DE 4" x 3 m	und	-	0.3700	45.00	16.65
EQUIPO						**0.72**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	23.94	0.72

Partida: 1.6.3.4.1 CODO PVC SAL DE 45° x 2" Rendimiento:8 und/Día

Costo unitario por und **30.64**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**26.46**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
MATERIALES						**3.39**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
720040289	CODO PVC SAL 45° x 2"	und	-	1.1000	2.50	2.75
EQUIPO						**0.79**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	26.46	0.79

Partida: 1.6.3.4.2 CODO PVC SAL DE 90° x 2" Rendimiento:8 und/Día

Costo unitario por und **30.64**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**26.46**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
MATERIALES						**3.39**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
720040287	CODO PVC SAL 90° x 2"	und	-	1.1000	2.50	2.75
EQUIPO						**0.79**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	26.46	0.79

Partida: 1.6.3.4.3 CODO PVC SAL DE 90º x 4" Rendimiento:8 und/Día

Costo unitario por und **38.34**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**26.46**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
MATERIALES						**11.09**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
720040235	CODO PVC SAL 90º x 4"	und	-	1.1000	9.50	10.45
EQUIPO						**0.79**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	26.46	0.79

Partida: 1.6.3.4.4 CODO DE VENTILACIÓN 4" x 2" Rendimiento:8 und/Día

Costo unitario por und **42.19**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**26.46**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
MATERIALES						**14.94**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
720040290	CODO DE VENTILACIÓN PVC SAL 4" x 2"	und	-	1.1000	13.00	14.30
EQUIPO						**0.79**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	26.46	0.79

Partida: 1.6.3.4.5 TEE SANITARIA PVC SAL DE 2" Rendimiento:8 und/Día

Costo unitario por und **34.05**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**26.46**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
MATERIALES						**6.80**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
720040291	TEE SANITARIA PVC SAL 2"	und	-	1.1000	5.60	6.16
EQUIPO						**0.79**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	26.46	0.79

Partida: 1.6.3.4.6 TEE SANITARIA PVC SAL DE 4" x 2" Rendimiento:8 und/Día

Costo unitario por und **41.64**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**26.46**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
MATERIALES						**14.39**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
720040292	TEE SANITARIA PVC SAL 4" x 2"	und	-	1.1000	12.50	13.75
EQUIPO						**0.79**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	26.46	0.79

Partida: 1.6.3.4.7 YEE PVC SAL DE 2" Rendimiento:8 und/Día

Costo unitario por und **37.79**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**26.46**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
MATERIALES						**10.54**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
720040293	YEE PVC SAL 2"	und	-	1.1000	9.00	9.90
EQUIPO						**0.79**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	26.46	0.79

Partida: 1.6.3.4.8 YEE PVC SAL DE 4" Rendimiento:8 und/Día

Costo unitario por und **56.38**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**26.46**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
MATERIALES						**29.13**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
720040294	YEE PVC SAL 4"	und	-	1.1000	25.90	28.49
EQUIPO						**0.79**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	26.46	0.79

Partida: 1.6.3.4.9 YEE PVC SAL DE 4" x 2" Rendimiento:8 und/Día

Costo unitario por und **42.19**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**26.46**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
MATERIALES						**14.94**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
720040295	YEE PVC SAL 4" x 2"	und	-	1.1000	13.00	14.30
EQUIPO						**0.79**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	26.46	0.79

Partida: 1.6.3.4.10 TRAMPA PVC SAL DE 2" Rendimiento:8 und/Día

Costo unitario por und **43.18**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**26.46**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
MATERIALES						**15.93**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
720040296	TRAMPA P PVC 2"	und	-	1.1000	13.90	15.29
EQUIPO						**0.79**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	26.46	0.79

Partida: 1.6.3.4.11 REGISTRO ROSCADO DE BRONCE DE 4" Rendimiento:12 und/Día

Costo unitario por und **52.15**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**26.46**
471060003	OPERARIO	hh	1.5000	1.0000	26.46	26.46
MATERIALES						**24.90**
100040297	REGISTRO ROSCADO DE BRONCE DE 4"	und	-	1.0000	24.90	24.90
EQUIPO						**0.79**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	26.46	0.79

Partida: 1.6.3.4.12 SUMIDERO DE 2" Rendimiento:12 und/Día

Costo unitario por und **37.57**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**17.64**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	26.46	17.64
MATERIALES						**19.40**
100040298	SUMIDERO CROMADO DE 2"	und	-	1.0000	11.90	11.90
720040287	CODO PVC SAL 90º x 2"	und	-	3.0000	2.50	7.50
EQUIPO						**0.53**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	17.64	0.53

Partida: 1.6.3.4.13 SOMBRERO DE VENTILACIÓN PVC DE 2" Rendimiento:25 und/Día

Costo unitario por und **19.36**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**8.47**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	26.46	8.47
MATERIALES						**10.64**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0040	160.00	0.64
720040299	SOMBRERO DE VENTILACIÓN PVC SAL DE 2"	und	-	1.0000	10.00	10.00
EQUIPO						**0.25**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	8.47	0.25

Partida: 1.6.3.5.1 CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO 12"x24" Rendimiento:4 und/Día

Costo unitario por und **262.44**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**45.36**
471060003	OPERARIO	hh	0.5000	1.0000	26.46	26.46
471060004	PEÓN	hh	0.5000	1.0000	18.90	18.90
MATERIALES						**215.72**
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.0200	135.00	2.70
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.0800	29.00	2.32
210040300	CAJA DE REGISTRO PARA DESAGÜE DE 12"x24"	und	-	1.0000	208.90	208.90
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.0200	90.00	1.80
EQUIPO						**1.36**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	45.36	1.36

Partida: 1.6.4.1.1 TUBERÍA PVC SAP DE 4" PARA MONTANTES DE AGUAS PLUVIALES Rendimiento:30 m/Día

Costo unitario por m **20.29**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**12.10**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	26.46	7.06
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2667	18.90	5.04
MATERIALES						**7.83**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0030	160.00	0.48
730040001	TUBERÍA PVC SAP 4"x5m	pza	-	0.3500	21.00	7.35
EQUIPO						**0.36**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	12.10	0.36

Partida: 1.6.4.1.2 CODO PVC SAP DE 45° x 4" EN MONTANTES PLUVIALES Rendimiento:16 und/Día

Costo unitario por und **22.41**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**13.23**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5000	26.46	13.23
MATERIALES						**8.78**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0030	160.00	0.48
720040001	CODO PVC SAP Ø4"x45°	und	-	1.0000	8.30	8.30
EQUIPO						**0.40**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	13.23	0.40

Partida: 1.6.4.1.3 CODO PVC SAP DE 90° x 4" EN MONTANTES PLUVIALES Rendimiento:16 und/Día

Costo unitario por und **22.61**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**13.23**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5000	26.46	13.23
MATERIALES						**8.98**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0030	160.00	0.48
720040169	CODO PVC SAP Ø4"x90°	und	-	1.0000	8.50	8.50
EQUIPO						**0.40**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	13.23	0.40

Partida: 1.6.4.1.4 CANALETA DE PLANCHA GALVANIZADA DE 8" CON SUJETADORES @ 0.60 m Rendimiento:20 m/Día

Costo unitario por m **232.67**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**18.93**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	26.46	10.58
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	20.87	8.35
MATERIALES						**213.17**
300040138	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	-	0.3300	18.00	5.94
510040001	PLATINA DE FIERRO 3/16" x 2" x 6m	pza	-	0.9500	56.50	53.68
610040170	PLANCHA GALVANIZADA DE 1/16"	m²	-	0.9250	166.00	153.55
EQUIPO						**0.57**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	18.93	0.57

Partida: 1.6.4.1.5 ABRAZADERA DE MONTANTES CON PLATINA DE FIERRO Rendimiento:12 und/Día

Costo unitario por und **42.23**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**30.24**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	26.46	17.64
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.6667	18.90	12.60
MATERIALES						**11.08**
510040171	PLATINA DE FIERRO 1/8" x 1 1/4" x 6m	pza	-	0.0750	25.00	1.88
650040172	TIRAFONES DE 1/4" X 1 1/2"	pza	-	4.0000	2.30	9.20
EQUIPO						**0.91**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	30.24	0.91

Partida: 1.7.1.1.1.1 EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO Rendimiento:3 m³/Día

Costo unitario por m³ **51.91**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**50.40**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	2.6667	18.90	50.40
EQUIPO						**1.51**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	50.40	1.51

Partida: 1.7.1.1.1.2 RELLENO CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO Rendimiento:30 m³/Día

Costo unitario por m³ **32.92**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**27.22**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	26.46	7.06
471060004	PEÓN	hh	4.0000	1.0667	18.90	20.16
MATERIALES						**0.75**
300040129	AGUA	m³	-	0.0500	15.00	0.75
EQUIPO						**4.95**
490040130	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA DE 4 HP	hm	1.0000	0.2667	15.50	4.13
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	27.22	0.82

Partida: 1.7.1.1.1.3 PERFILADO Y COMPACTADO DE ZANJA Rendimiento:60 m²/Día

Costo unitario por m² **10.12**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**7.82**
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	20.87	2.78
471060004	PEÓN	hh	2.0000	0.2667	18.90	5.04
EQUIPO						**2.30**
490040131	COMPACTADOR TIPO CANGURO	hm	1.0000	0.1333	15.50	2.07
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	7.82	0.23

Partida: 1.7.1.1.1.4 ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30m Rendimiento:6 m³/Día

Costo unitario por m³ **25.96**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**25.20**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	1.3333	18.90	25.20
EQUIPO						**0.76**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	25.20	0.76

Partida: 1.7.1.1.1.5 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D<5 KM) Rendimiento:350 m³/Día

Costo unitario por m³ **14.51**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.43**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0229	18.90	0.43
EQUIPO						**14.08**
480040001	CAMIÓN VOLQUETE 6 M3	hm	3.0000	0.0686	152.50	10.46
490040132	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP 2.5 YD3.	hm	1.0000	0.0229	157.50	3.61
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.43	0.01

Partida: 1.7.1.1.2.1.1 SOLADO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:12 DE 4" Rendimiento:65 m²/Día

Costo unitario por m² **48.55**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**23.04**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	0.2462	26.46	6.51
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.1231	20.87	2.57
471060004	PEÓN	hh	6.0000	0.7385	18.90	13.96
MATERIALES						**22.36**
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.3700	29.00	10.73
300040129	AGUA	m³	-	0.0200	15.00	0.30
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.0180	22.50	0.41
381060017	HORMIGÓN	m³	-	0.1300	84.00	10.92
EQUIPO						**3.15**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	23.04	0.69
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.1231	20.00	2.46

Partida: 1.7.1.1.2.1.2 CURADO DE CONCRETO Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.7.1.1.2.2.1 CONCRETO C:H 1:8 + 25% P.M. PARA SOBRECIMIENTOS Rendimiento:12 m³/Día

Costo unitario por m³ **390.27**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**146.27**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	26.46	17.64
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	20.87	27.83
471060004	PEÓN	hh	8.0000	5.3333	18.90	100.80
MATERIALES						**226.28**
050040195	PIEDRA MEDIANA DE 6"	m³	-	0.3900	75.00	29.25
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	4.0200	29.00	116.58
300040129	AGUA	m³	-	0.2400	15.00	3.60
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.0180	22.50	0.41
381060017	HORMIGÓN	m³	-	0.9100	84.00	76.44
EQUIPO						**17.72**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	146.27	4.39
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.6667	20.00	13.33

Partida: 1.7.1.1.2.2.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN SOBRECIMIENTOS Rendimiento:12 m²/Día

Costo unitario por m² **51.75**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**31.55**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	26.46	17.64
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	20.87	13.91
MATERIALES						**19.25**
020040136	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	-	0.3500	6.30	2.21
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.2300	8.00	1.84
430040137	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	-	3.6200	4.20	15.20
EQUIPO						**0.95**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	31.55	0.95

Partida: 1.7.1.1.2.2.3 CURADO DE CONCRETO Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.7.1.1.2.3.1 NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL Rendimiento:60 m²/Día

Costo unitario por m² **10.12**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**7.82**
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	20.87	2.78
471060004	PEÓN	hh	2.0000	0.2667	18.90	5.04
EQUIPO						**2.30**
490040130	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA DE 4 HP	hm	1.0000	0.1333	15.50	2.07
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	7.82	0.23

Partida: 1.7.1.1.2.3.2 FALSO PISO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:8 DE e=10 cm Rendimiento:65 m²/Día

Costo unitario por m² **60.39**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**23.04**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	0.2462	26.46	6.51
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.1231	20.87	2.57
471060004	PEÓN	hh	6.0000	0.7385	18.90	13.96
MATERIALES						**34.20**
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.5400	29.00	15.66
300040129	AGUA	m³	-	0.2100	15.00	3.15
371060091	REGLA DE MADERA	p²	-	0.0600	6.00	0.36
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.2200	22.50	4.95
381060017	HORMIGÓN	m³	-	0.1200	84.00	10.08
EQUIPO						**3.15**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	23.04	0.69
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.1231	20.00	2.46

Partida: 1.7.1.1.2.3.3 CURADO DE CONCRETO — Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.7.1.1.3.1.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA ZAPATAS — Rendimiento:12 m³/Día

Costo unitario por m³ **535.18**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**163.91**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	26.46	35.28
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	20.87	27.83
471060004	PEÓN	hh	8.0000	5.3333	18.90	100.80
MATERIALES						**343.35**
050040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	-	0.6300	80.00	50.40
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	8.1900	29.00	237.51
300040129	AGUA	m³	-	0.1860	15.00	2.79
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.5300	90.00	47.70
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.2200	22.50	4.95
EQUIPO						**27.92**
490040134	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.6667	14.50	9.67
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	163.91	4.92
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.6667	20.00	13.33

Partida: 1.7.1.1.3.1.2 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN ZAPATAS — Rendimiento:250 kg/Día

Costo unitario por kg **8.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.45**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	26.46	0.85
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0320	18.90	0.60
MATERIALES						**7.44**
020040135	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	-	0.0600	6.30	0.38
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0700	6.60	7.06
EQUIPO						**0.04**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.45	0.04

Partida: 1.7.1.1.3.1.3 CURADO DE CONCRETO — Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.7.1.1.3.2.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS DE CONEXIÓN — Rendimiento:12 m³/Día

Costo unitario por m³ **570.94**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**163.91**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	26.46	35.28
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	20.87	27.83
471060004	PEÓN	hh	8.0000	5.3333	18.90	100.80
MATERIALES						**379.11**
050040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	-	0.5300	80.00	42.40
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	9.7300	29.00	282.17
300040129	AGUA	m³	-	0.1860	15.00	2.79
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.5200	90.00	46.80
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.2200	22.50	4.95
EQUIPO						**27.92**
490040134	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.6667	14.50	9.67
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	163.91	4.92
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.6667	20.00	13.33

Partida: 1.7.1.1.3.2.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS DE CONEXIÓN — Rendimiento:10 m²/Día

Costo unitario por m² **78.21**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**45.43**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	26.46	21.17
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	20.87	16.70
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**31.42**
020040136	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	-	0.2100	6.30	1.32
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.2400	8.00	1.92
430040137	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	-	6.7100	4.20	28.18
EQUIPO						**1.36**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	45.43	1.36

Partida: 1.7.1.1.3.2.3 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONEXIÓN — Rendimiento:250 m³/Día

Costo unitario por m³ **8.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.45**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	26.46	0.85
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0320	18.90	0.60
MATERIALES						**7.44**
020040135	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	-	0.0600	6.30	0.38
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0700	6.60	7.06
EQUIPO						**0.04**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.45	0.04

Partida: 1.7.1.1.3.2.4 CURADO DE CONCRETO — Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.7.1.1.3.3.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA COLUMNAS — Rendimiento:8 m³/Día

Costo unitario por m³ **631.09**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**245.86**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	2.0000	26.46	52.92
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	2.0000	20.87	41.74
471060004	PEÓN	hh	8.0000	8.0000	18.90	151.20
MATERIALES						**343.35**
050040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	-	0.6300	80.00	50.40
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	8.1900	29.00	237.51
300040129	AGUA	m³	-	0.1860	15.00	2.79
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.5300	90.00	47.70
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.2200	22.50	4.95
EQUIPO						**41.88**
490040134	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	1.0000	14.50	14.50
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	245.86	7.38
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	1.0000	20.00	20.00

Partida: 1.7.1.1.3.3.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS — Rendimiento:10 m²/Día

Costo unitario por m² **64.74**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**45.43**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	26.46	21.17
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	20.87	16.70
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**17.95**
020040136	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	-	0.3000	6.30	1.89
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.1700	8.00	1.36
430040137	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	-	3.5000	4.20	14.70
EQUIPO						**1.36**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	45.43	1.36

Partida: 1.7.1.1.3.3.3 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNAS — Rendimiento:250 kg/Día

Costo unitario por kg **8.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.45**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	26.46	0.85
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0320	18.90	0.60
MATERIALES						**7.44**
020040135	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	-	0.0600	6.30	0.38
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0700	6.60	7.06
EQUIPO						**0.04**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.45	0.04

Partida: 1.7.1.1.3.3.4 CURADO DE CONCRETO — Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.7.1.1.3.4.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS — Rendimiento:8 m³/Día

Costo unitario por m³ **631.09**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**245.86**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	2.0000	26.46	52.92
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	2.0000	20.87	41.74
471060004	PEÓN	hh	8.0000	8.0000	18.90	151.20
MATERIALES						**343.35**
050040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	-	0.6300	80.00	50.40
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	8.1900	29.00	237.51
300040129	AGUA	m³	-	0.1860	15.00	2.79
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.5300	90.00	47.70
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.2200	22.50	4.95
EQUIPO						**41.88**
490040134	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	1.0000	14.50	14.50
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	245.86	7.38
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	1.0000	20.00	20.00

Partida: 1.7.1.1.3.4.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS — Rendimiento:8 m²/Día

Costo unitario por m² **89.90**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**56.78**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	26.46	26.46
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	20.87	20.87
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.5000	18.90	9.45
MATERIALES						**31.42**
020040136	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	-	0.2100	6.30	1.32
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.2400	8.00	1.92
430040137	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	-	6.7100	4.20	28.18
EQUIPO						**1.70**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	56.78	1.70

Partida: 1.7.1.1.3.4.3 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS — Rendimiento:250 kg/Día

Costo unitario por kg **8.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.45**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	26.46	0.85
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0320	18.90	0.60
MATERIALES						**7.44**
020040135	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	-	0.0600	6.30	0.38
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0700	6.60	7.06
EQUIPO						**0.04**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.45	0.04

Partida: 1.7.1.1.3.4.4 CURADO DE CONCRETO — Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.7.1.1.3.5.1 CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES Rendimiento:12 m³/Día

Costo unitario por m³ **536.63**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**163.91**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	26.46	35.28
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	20.87	27.83
471060004	PEÓN	hh	8.0000	5.3333	18.90	100.80
MATERIALES						**344.80**
050040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	-	0.5500	80.00	44.00
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	8.4300	29.00	244.47
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.5400	90.00	48.60
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.2200	22.50	4.95
EQUIPO						**27.92**
490040134	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.6667	14.50	9.67
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	163.91	4.92
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.6667	20.00	13.33

Partida: 1.7.1.1.3.5.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES Rendimiento:10 m²/Día

Costo unitario por m² **64.74**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**45.43**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	26.46	21.17
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	20.87	16.70
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**17.95**
020040136	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	-	0.3000	6.30	1.89
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.1700	8.00	1.36
430040137	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	-	3.5000	4.20	14.70
EQUIPO						**1.36**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	45.43	1.36

Partida: 1.7.1.1.3.5.3 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES Rendimiento:250 kg/Día

Costo unitario por kg **8.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.45**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	26.46	0.85
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0320	18.90	0.60
MATERIALES						**7.44**
020040135	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	-	0.0600	6.30	0.38
030040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0700	6.60	7.06
EQUIPO						**0.04**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.45	0.04

Partida: 1.7.1.1.3.5.4 CURADO DE CONCRETO Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.7.1.2.1.1 MURO SOGA DE LADRILLO KING KONG C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5 Rendimiento:9 m²/Día

Costo unitario por m² **117.45**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**40.32**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8889	26.46	23.52
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.8889	18.90	16.80
MATERIALES						**75.48**
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.2330	29.00	6.76
300040129	AGUA	m³	-	0.0100	15.00	0.15
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.0330	90.00	2.97
170040001	LADRILLO KING KONG TIPO IV 9x13x24 cm	und	-	41.0000	1.60	65.60
EQUIPO						**1.65**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	hm	0.5000	0.4444	1.00	0.44
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	40.32	1.21

Partida: 1.7.1.2.1.2 TABIQUERÍA DE DRYWALL UNA CARA CON SUPERBOARD SOBRE ESTRUCTURA METÁLICA Rendimiento:20 m²/Día

Costo unitario por m² **92.04**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**34.05**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	26.46	10.58
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	20.87	8.35
471060004	PEÓN	hh	2.0000	0.8000	18.90	15.12
MATERIALES						**56.97**
300040207	FULMINANTE VERDE CALIBRE 22 RAMSET CW	und	-	4.0000	0.35	1.40
210040208	PLANCHA DE SUPERBOARD 1.22 x 2.40 m	pln	-	0.3530	87.80	30.99
260040209	TORNILLO AUTORROSCANTE	und	-	4.0000	0.15	0.60
510040210	RIEL METÁLICO L = 3.00 m	pza	-	0.3500	8.50	2.98
520040211	PARANTES GALVANIZADOS 89X38 L = 3.00 m	pza	-	2.0000	10.50	21.00
EQUIPO						**1.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	34.05	1.02

Partida: 1.7.1.2.2.1 TARRAJEO EN MUROS, INTERIOR Y EXTERIOR C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm Rendimiento:12 m²/Día

Costo unitario por m² **31.85**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**23.94**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	26.46	17.64
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.3333	18.90	6.30
MATERIALES						**6.86**
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.0170	135.00	2.30
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.1210	29.00	3.51
300040129	AGUA	m³	-	0.0700	15.00	1.05
EQUIPO						**1.05**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	0.5000	0.0417	8.00	0.33
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	23.94	0.72

Partida: 1.7.1.2.2.2 TARRAJEO DE SUPERFICE DE COLUMNAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm Rendimiento:10 m²/Día

Costo unitario por m² **36.85**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**28.73**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	26.46	21.17
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**6.86**
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.0170	135.00	2.30
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.1210	29.00	3.51
300040129	AGUA	m³	-	0.0700	15.00	1.05
EQUIPO						**1.26**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	0.5000	0.0500	8.00	0.40
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	28.73	0.86

Partida: 1.7.1.2.2.3 TARRAJEO DE SUPERFICE DE VIGAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm Rendimiento:9 m²/Día

Costo unitario por m² **40.18**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**31.92**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8889	26.46	23.52
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4444	18.90	8.40
MATERIALES						**6.86**
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.0170	135.00	2.30
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.1210	29.00	3.51
300040129	AGUA	m³	-	0.0700	15.00	1.05
EQUIPO						**1.40**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	0.5000	0.0556	8.00	0.44
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	31.92	0.96

Partida: 1.7.1.2.2.4 VESTIDURA DE DERRAMES EN VANOS, MEZCLA C:M 1:5, A=0.15 m, e=1.5 cm Rendimiento:20 m/Día

Costo unitario por m **20.24**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**18.14**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	26.46	10.58
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**1.16**
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.0030	135.00	0.41
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.0180	29.00	0.52
300040129	AGUA	m³	-	0.0150	15.00	0.23
EQUIPO						**0.94**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	1.0000	0.0500	8.00	0.40
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	18.14	0.54

Partida: 1.7.1.2.2.5 BRUÑAS Rendimiento:100 m/Día

Costo unitario por m **2.18**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.12**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0800	26.46	2.12
EQUIPO						**0.06**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.12	0.06

Partida: 1.7.1.2.3.1 CIELORRASO CON BALDOSA ACÚSTICA — Rendimiento:20 m²/Día

Costo unitario por m² **125.66**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**14.36**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	26.46	10.58
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.2000	18.90	3.78
MATERIALES						**110.87**
020040135	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	-	1.0000	6.30	6.30
020040212	CLAVOS DE ACERO DE 3/4"	und	-	3.0000	2.50	7.50
140040001	BALDOSA ACÚSTICA DE 0.60x1.20 m PARA CIELORASO (FIBRA MINERAL)	m²	-	1.0300	30.00	30.90
520040213	ÁNGULO ALUMINIO 1 1/2"x1 1/2"x1/8" x6m.	pza	-	0.1800	40.00	7.20
520040214	TEE DE ALUMINIO 1"x 1"x1/8" x 6m.	pza	-	1.1700	50.40	58.97
EQUIPO						**0.43**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	14.36	0.43

Partida: 1.7.1.2.4.1.1 CONTRAPISO DE 50 mm, MEZCLA C:H 1:5 — Rendimiento:80 m²/Día

Costo unitario por m² **44.95**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**21.37**
471060003	OPERARIO	hh	3.0000	0.3000	26.46	7.94
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.1000	20.87	2.09
471060004	PEÓN	hh	6.0000	0.6000	18.90	11.34
MATERIALES						**20.94**
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.4020	29.00	11.66
300040129	AGUA	m³	-	0.1100	15.00	1.65
371060091	REGLA DE MADERA	p²	-	0.0600	6.00	0.36
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.1100	22.50	2.48
381060017	HORMIGÓN	m³	-	0.0570	84.00	4.79
EQUIPO						**2.64**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	21.37	0.64
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.1000	20.00	2.00

Partida: 1.7.1.2.4.2.1 PISO DE CERÁMICO ANTIDESLIZANTE DE 40x40 cm DE COLOR — Rendimiento:10 m²/Día

Costo unitario por m² **78.45**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**28.73**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	26.46	21.17
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.4000	18.90	7.56
MATERIALES						**48.86**
240040001	CERÁMICO DE ALTO TRÁNSITO DE 0.40x0.40 m	m²	-	1.0300	40.00	41.20
300040215	PEGAMENTO PARA LOSETAS Y CERÁMICAS x 25 kg	und	-	0.3330	16.10	5.36
300040216	FRAGUA	kg	-	0.3330	6.90	2.30
EQUIPO						**0.86**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	28.73	0.86

Partida: 1.7.1.2.4.3.1 NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL — Rendimiento:60 m²/Día

Costo unitario por m² **10.12**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**7.82**
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.1333	20.87	2.78
471060004	PEÓN	hh	2.0000	0.2667	18.90	5.04
EQUIPO						**2.30**
490040130	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA DE 4 HP	hm	1.0000	0.1333	15.50	2.07
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	7.82	0.23

Partida: 1.7.1.2.4.3.2 EMPEDRADO DE VEREDAS

Rendimiento:40 m²/Día

Costo unitario por m² **27.23**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**15.51**
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.2000	20.87	4.17
471060004	PEÓN	hh	3.0000	0.6000	18.90	11.34
MATERIALES						**11.25**
050040195	PIEDRA MEDIANA DE 6"	m³	-	0.1500	75.00	11.25
EQUIPO						**0.47**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	15.51	0.47

Partida: 1.7.1.2.4.3.3 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VEREDAS

Rendimiento:12 m²/Día

Costo unitario por m² **55.55**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**31.55**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	26.46	17.64
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	20.87	13.91
MATERIALES						**23.05**
020040136	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	-	0.2600	6.30	1.64
020040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	-	0.1300	8.00	1.04
430040137	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	-	4.8500	4.20	20.37
EQUIPO						**0.95**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	31.55	0.95

Partida: 1.7.1.2.4.3.4 VEREDA DE CONCRETO f'c=175 kg/cm2 e=0.10 m INC. BRUÑAS

Rendimiento:80 m²/Día

Costo unitario por m² **71.44**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**22.50**
471060003	OPERARIO	hh	2.0000	0.2000	26.46	5.29
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	0.1000	20.87	2.09
471060004	PEÓN	hh	8.0000	0.8000	18.90	15.12
MATERIALES						**46.26**
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.0100	135.00	1.35
050040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	-	0.0800	80.00	6.40
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	1.0000	29.00	29.00
300040129	AGUA	m³	-	0.1840	15.00	2.76
041060001	ARENA GRUESA	m³	-	0.0500	90.00	4.50
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	-	0.1000	22.50	2.25
EQUIPO						**2.68**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	22.50	0.68
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.1000	20.00	2.00

Partida: 1.7.1.2.4.3.5 JUNTAS ASFÁLTICAS

Rendimiento:100 m/Día

Costo unitario por m **8.67**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**4.85**
471060002	OFICIAL	hh	2.0000	0.1600	20.87	3.34
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0800	18.90	1.51
MATERIALES						**3.67**
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.0045	135.00	0.61
130040001	ASFALTO RC-250	gln	-	0.1330	23.00	3.06
EQUIPO						**0.15**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	4.85	0.15

Partida: 1.7.1.2.4.3.6 CURADO DE CONCRETO — Rendimiento:300 m²/Día

Costo unitario por m² **3.30**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**0.50**
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0267	18.90	0.50
MATERIALES						**2.78**
300040129	AGUA	m³	-	0.1850	15.00	2.78
EQUIPO						**0.02**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	0.50	0.02

Partida: 1.7.1.2.5.1 CONTRAZÓCALO DE CERÁMICO h=10 cm — Rendimiento:25 m/Día

Costo unitario por m **24.56**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**14.52**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	26.46	8.47
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.3200	18.90	6.05
MATERIALES						**9.60**
240040217	CERÁMICO PARA PARED DE 0.20x0.30 m	m²	-	0.2000	36.40	7.28
300040218	RODOPLAST PARA BORDE DE MAYÓLICAS	m	-	0.4400	4.10	1.80
300040215	PEGAMENTO PARA LOSETAS Y CERÁMICAS x 25 kg	und	-	0.0200	16.10	0.32
300040216	FRAGUA	kg	-	0.0290	6.90	0.20
EQUIPO						**0.44**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	14.52	0.44

Partida: 1.7.1.2.6.1 PUERTAS DE MADERA DE TABLERO REBAJADO AGUANO INC. MARCO — Rendimiento:2 m²/Día

Costo unitario por m² **757.56**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**189.32**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	4.0000	26.46	105.84
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	4.0000	20.87	83.48
MATERIALES						**545.60**
020040222	CLAVOS PARA MADERA C/C 1"	kg	-	0.1000	8.00	0.80
020040223	CLAVOS PARA MADERA C/C 2"	kg	-	0.0500	8.00	0.40
260040224	TORNILLO DE CABEZA HEXAGONAL DE 2 1/2"	und	-	4.0000	1.00	4.00
300040225	COLA SINTETICA P/CARPINTERIA	gln	-	0.2500	50.00	12.50
440040226	MADERA AGUANO CEPILLADO	p²	-	55.0000	9.50	522.50
720040227	TARUGO DE PVC 5/16" X 2½"	und	-	4.0000	0.45	1.80
300040166	LIJA PARA MADERA	und	-	2.0000	1.80	3.60
EQUIPO						**22.64**
491060098	SIERRA CIRCULAR	hm	0.2000	0.8000	8.50	6.80
490040228	CEPILLADORA ELECTRICA	hm	0.2000	0.8000	12.70	10.16
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	189.32	5.68

Partida: 1.7.1.2.6.2 VENTANAS DE MADERA AGUANO Rendimiento:6 m²/Día

Costo unitario por m² **380.36**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**63.11**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	26.46	35.28
471060002	OFICIAL	hh	1.0000	1.3333	20.87	27.83
MATERIALES						**309.70**
020040222	CLAVOS PARA MADERA C/C 1"	kg	-	0.1000	8.00	0.80
020040223	CLAVOS PARA MADERA C/C 2"	kg	-	0.2500	8.00	2.00
260040224	TORNILLO DE CABEZA HEXAGONAL DE 2 1/2"	und	-	4.0000	1.00	4.00
300040225	COLA SINTETICA P/CARPINTERIA	gln	-	0.2500	50.00	12.50
440040226	MADERA AGUANO CEPILLADO	p²	-	30.0000	9.50	285.00
720040227	TARUGO DE PVC 5/16" X 2½"	und	-	4.0000	0.45	1.80
300040166	LIJA PARA MADERA	und	-	2.0000	1.80	3.60
EQUIPO						**7.55**
491060098	SIERRA CIRCULAR	hm	0.2000	0.2667	8.50	2.27
490040228	CEPILLADORA ELECTRICA	hm	0.2000	0.2667	12.70	3.39
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	63.11	1.89

Partida: 1.7.1.2.7.1 BISAGRA ALUMINIZADA CAPUCHINA DE 4"x4" Rendimiento:30 und/Día

Costo unitario por und **36.87**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**7.06**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	26.46	7.06
MATERIALES						**29.60**
260040229	BISAGRA ALUMINIZ.CAPUCHINA 4"x4"	und	-	1.0000	29.60	29.60
EQUIPO						**0.21**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	7.06	0.21

Partida: 1.7.1.2.7.2 CERRADURA PARA PUERTA EXTERIOR TIPO PARCHE 3 GOLPES Rendimiento:5 und/Día

Costo unitario por und **143.61**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**42.34**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	26.46	42.34
MATERIALES						**100.00**
260040230	CERRADURA PARA PUERTA PRINCIPAL 3 GOLPES	und	-	1.0000	100.00	100.00
EQUIPO						**1.27**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	42.34	1.27

Partida: 1.7.1.2.8.1 VIDRIO LAMINADO DE 6mm Rendimiento:7 m²/Día

Costo unitario por m² **174.09**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**37.37**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.1429	26.46	30.24
471060004	PEÓN	hh	0.3300	0.3771	18.90	7.13
MATERIALES						**135.60**
790040001	VIDRIO LAMINADO DE 6 mm	p²	-	11.3000	12.00	135.60
EQUIPO						**1.12**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	37.37	1.12

Partida: 1.7.1.2.9.1 PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES 2 MANOS Rendimiento:40 m²/Día

Costo unitario por m² **13.64**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**9.07**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2000	26.46	5.29
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2000	18.90	3.78
MATERIALES						**4.20**
540040163	IMPRIMANTE	gln	-	0.0500	30.00	1.50
540040164	PINTURA LATEX	gln	-	0.0500	40.00	2.00
540040165	SELLADOR PARA MUROS	gln	-	0.0250	25.00	0.63
300040166	LIJA PARA MADERA	und	-	0.0400	1.80	0.07
EQUIPO						**0.37**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	0.5000	0.0125	8.00	0.10
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	9.07	0.27

Partida: 1.7.1.2.9.2 PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES 2 MANOS Rendimiento:38 m²/Día

Costo unitario por m² **17.15**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**9.55**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2105	26.46	5.57
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2105	18.90	3.98
MATERIALES						**7.10**
540040163	IMPRIMANTE	gln	-	0.0500	30.00	1.50
540040167	PINTURA LATEX SATINADO	gln	-	0.0500	98.00	4.90
540040165	SELLADOR PARA MUROS	gln	-	0.0250	25.00	0.63
300040166	LIJA PARA MADERA	und	-	0.0400	1.80	0.07
EQUIPO						**0.50**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	1.0000	0.0263	8.00	0.21
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	9.55	0.29

Partida: 1.7.1.2.9.3 PINTURA LATEX EN INTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS Rendimiento:40 m²/Día

Costo unitario por m² **13.64**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**9.07**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2000	26.46	5.29
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2000	18.90	3.78
MATERIALES						**4.20**
540040163	IMPRIMANTE	gln	-	0.0500	30.00	1.50
540040164	PINTURA LATEX	gln	-	0.0500	40.00	2.00
540040165	SELLADOR PARA MUROS	gln	-	0.0250	25.00	0.63
300040166	LIJA PARA MADERA	und	-	0.0400	1.80	0.07
EQUIPO						**0.37**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	0.5000	0.0125	8.00	0.10
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	9.07	0.27

Partida: 1.7.1.2.9.4 PINTURA LATEX EXTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS Rendimiento:38 m²/Día

Costo unitario por m² **17.05**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**9.55**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2105	26.46	5.57
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.2105	18.90	3.98
MATERIALES						**7.10**
540040163	IMPRIMANTE	gln	-	0.0500	30.00	1.50
540040167	PINTURA LATEX SATINADO	gln	-	0.0500	98.00	4.90
540040165	SELLADOR PARA MUROS	gln	-	0.0250	25.00	0.63
300040166	LIJA PARA MADERA	und	-	0.0400	1.80	0.07
EQUIPO						**0.40**
371060081	ANDAMIO METÁLICO	dia	0.5000	0.0132	8.00	0.11
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	9.55	0.29

Partida: 1.7.1.2.9.5 PINTURA BARNIZ EN PUERTAS DE MADERA Rendimiento:18 m²/Día

Costo unitario por m² **22.23**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**15.96**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4444	26.46	11.76
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.2222	18.90	4.20
MATERIALES						**5.79**
530040001	THINER	gln	-	0.0500	26.50	1.33
540040231	BARNIZ MARINO	gln	-	0.0500	40.00	2.00
300040166	LIJA PARA MADERA	und	-	0.2000	1.80	0.36
540040232	LACA TRANSPARENTE CRISTAL	gln	-	0.0600	35.00	2.10
EQUIPO						**0.48**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	15.96	0.48

Partida: 1.7.1.2.9.6 PINTURA BARNIZ EN VENTANAS DE MADERA Rendimiento:25 m²/Día

Costo unitario por m² **17.62**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**11.49**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	26.46	8.47
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.1600	18.90	3.02
MATERIALES						**5.79**
530040001	THINER	gln	-	0.0500	26.50	1.33
540040231	BARNIZ MARINO	gln	-	0.0500	40.00	2.00
300040166	LIJA PARA MADERA	und	-	0.2000	1.80	0.36
540040232	LACA TRANSPARENTE CRISTAL	gln	-	0.0600	35.00	2.10
EQUIPO						**0.34**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	11.49	0.34

Partida: 1.7.1.3.1.1.1 SALIDA DE CENTRO DE LUZ EN TECHO — Rendimiento:5 pto/Día

Costo unitario por pto **97.49**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**72.58**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	26.46	42.34
471060004	PEÓN	hh	1.0000	1.6000	18.90	30.24
MATERIALES						**22.73**
120040001	CAJA OCTOGONAL GALVANIZADO 100x55 mm	und	-	1.0000	5.35	5.35
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0050	160.00	0.80
300040177	CINTA AISLANTE ELECTRICA	und	-	0.2500	7.90	1.98
740040239	CURVA PVC SAP 3/4"	pza	-	5.0000	2.60	13.00
740040240	CONECTOR PVC SAP 3/4"	pza	-	2.0000	0.80	1.60
EQUIPO						**2.18**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	72.58	2.18

Partida: 1.7.1.3.1.1.2 SALIDA DE PARED PARA INTERRUPTOR DOBLE — Rendimiento:5 pto/Día

Costo unitario por pto **114.64**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**72.58**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	26.46	42.34
471060004	PEÓN	hh	1.0000	1.6000	18.90	30.24
MATERIALES						**39.88**
120040241	CAJA RECTANGULAR GALVANIZADA 100x55x50 mm	und	-	1.0000	5.90	5.90
120040242	INTERRUPTOR DOBLE	pza	-	1.0000	15.00	15.00
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0050	160.00	0.80
300040177	CINTA AISLANTE ELECTRICA	und	-	0.2500	7.90	1.98
740040239	CURVA PVC SAP 3/4"	pza	-	5.0000	2.60	13.00
740040240	CONECTOR PVC SAP 3/4"	pza	-	4.0000	0.80	3.20
EQUIPO						**2.18**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	72.58	2.18

Partida: 1.7.1.3.1.1.3 SALIDA TOMACORRIENTE DOBLE CON PUESTA A TIERRA PARED/TECHO — Rendimiento:5 pto/Día

Costo unitario por pto **119.54**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**72.58**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	26.46	42.34
471060004	PEÓN	hh	1.0000	1.6000	18.90	30.24
MATERIALES						**44.78**
120040241	CAJA RECTANGULAR GALVANIZADA 100x55x50 mm	und	-	1.0000	5.90	5.90
120040243	TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE CON TOMA TIERRA	und	-	1.0000	21.50	21.50
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0050	160.00	0.80
300040177	CINTA AISLANTE ELECTRICA	und	-	0.2500	7.90	1.98
740040239	CURVA PVC SAP 3/4"	pza	-	5.0000	2.60	13.00
740040240	CONECTOR PVC SAP 3/4"	pza	-	2.0000	0.80	1.60
EQUIPO						**2.18**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	72.58	2.18

Partida: 1.7.1.3.1.2.1 TUBERÍA PVC-P PESADO DE 20 mm

Rendimiento:180 m/Día

Costo unitario por m **6.14**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.01**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0444	26.46	1.17
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.0444	18.90	0.84
MATERIALES						**4.07**
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	-	0.0010	160.00	0.16
740040244	TUBO PVC SAP ELÉCTRICA 3/4"X3 m.	und	-	0.3500	11.00	3.85
740040245	UNIÓN SIMPLE PVC SAP (ELÉCTRICA) 3/4"	pza	-	0.0500	1.10	0.06
EQUIPO						**0.06**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.01	0.06

Partida: 1.7.1.3.1.3.1 CONDUCTOR NH-80 DE 2.5 mm2

Rendimiento:120 m/Día

Costo unitario por m **4.62**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.39**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0667	26.46	1.76
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.0333	18.90	0.63
MATERIALES						**2.16**
080040246	CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO NH-80 DE 2.5 mm2	m	-	1.0500	1.90	2.00
300040177	CINTA AISLANTE ELECTRICA	und	-	0.0200	7.90	0.16
EQUIPO						**0.07**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.39	0.07

Partida: 1.7.1.3.1.3.2 CONDUCTOR NH-80 DE 4 mm2

Rendimiento:120 m/Día

Costo unitario por m **5.51**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.39**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0667	26.46	1.76
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.0333	18.90	0.63
MATERIALES						**3.05**
300040177	CINTA AISLANTE ELECTRICA	und	-	0.0200	7.90	0.16
080040247	CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO NH-80 DE 4 mm2	m	-	1.0500	2.75	2.89
EQUIPO						**0.07**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.39	0.07

Partida: 1.7.1.3.1.3.3 CONDUCTOR N2XH DE 4 mm2

Rendimiento:120 m/Día

Costo unitario por m **6.72**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**2.39**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0667	26.46	1.76
471060004	PEÓN	hh	0.5000	0.0333	18.90	0.63
MATERIALES						**4.26**
300040177	CINTA AISLANTE ELECTRICA	und	-	0.0200	7.90	0.16
080040248	CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO N2XH DE 1X4 mm2	m	-	1.0500	3.90	4.10
EQUIPO						**0.07**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	2.39	0.07

Partida: 1.7.1.3.1.4.1 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CAJA METÁLICA DE 8 POLOS — Rendimiento:2 und/Día

Costo unitario por und: **215.33**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**143.64**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	4.0000	26.46	105.84
471060004	PEÓN	hh	0.5000	2.0000	18.90	37.80
MATERIALES						**67.38**
041060013	ARENA FINA	m³	-	0.0750	135.00	10.13
120040249	TABLERO METÁLICO DE 8 POLOS	und	-	1.0000	52.90	52.90
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	-	0.1500	29.00	4.35
EQUIPO						**4.31**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	143.64	4.31

Partida: 1.7.1.3.1.5.1 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x16A — Rendimiento:16 und/Día

Costo unitario por und: **66.26**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**22.68**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5000	26.46	13.23
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.5000	18.90	9.45
MATERIALES						**42.90**
120040250	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x16A	und	-	1.0000	42.90	42.90
EQUIPO						**0.68**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	22.68	0.68

Partida: 1.7.1.3.1.5.2 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A — Rendimiento:16 und/Día

Costo unitario por und: **66.26**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**22.68**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5000	26.46	13.23
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.5000	18.90	9.45
MATERIALES						**42.90**
120040180	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A	und	-	1.0000	42.90	42.90
EQUIPO						**0.68**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	22.68	0.68

Partida: 1.7.1.3.1.5.3 INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE 2x25A — Rendimiento:16 und/Día

Costo unitario por und: **207.36**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**22.68**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5000	26.46	13.23
471060004	PEÓN	hh	1.0000	0.5000	18.90	9.45
MATERIALES						**184.00**
120040251	INTERRUPTOR DIFERENCIAL 2x25A	und	-	1.0000	184.00	184.00
EQUIPO						**0.68**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	22.68	0.68

Partida: 1.7.1.4.1 MOTORES Y EQUIPAMIENTO CUARTO DE MAQUINAS — Rendimiento: gbl

Costo unitario por gbl: **85,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**85,000.00**
300010014	SC MOTORES Y EQUIPAMIENTO CUARTO DE MAQUINAS	und	-	1.0000	85,000.00	85,000.00

Partida: 1.7.2.1 INSTALACIONES ELECTRONICAS PARA EQUIPOS HIDROMETRICOS Rendimiento: pto

Costo unitario por pto **355.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**355.00**
300010005	SC INSTALACIONES ELECTRONICAS PARA EQUIPOS HIDROMETRICOS	und	-	1.0000	355.00	355.00

Partida: 1.8.1.1.1 EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE JEFE DE LABORATORIO Rendimiento: gbl

Costo unitario por gbl **15,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**15,000.00**
300010006	SC EQUIPAMIENTO OFICINA DE JEFE DE LABORATORIO	und	-	1.0000	15,000.00	15,000.00

Partida: 1.8.1.2.1 EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE JEFE DE INVESTIGACION Rendimiento: gbl

Costo unitario por gbl **15,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**15,000.00**
300010007	SC EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE JEFE DE INVESTIGACION	und	-	1.0000	15,000.00	15,000.00

Partida: 1.8.1.3.1 EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE INVESTIGACION - ALUMNOS Rendimiento: gbl

Costo unitario por gbl **15,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**15,000.00**
300010008	SC EQUIPAMIENTO OFICINA DE INVESTIGACION - ALUMNOS	und	-	1.0000	15,000.00	15,000.00

Partida: 1.8.1.4.1 EQUIPAMIENTO DE TALLER DE METALES Rendimiento: gbl

Costo unitario por gbl **15,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**15,000.00**
300010009	SC EQUIPAMIENTO DE TALLER DE METALES	und	-	1.0000	15,000.00	15,000.00

Partida: 1.8.1.5.1 EQUIPAMIENTO DE TALLER DE ELECTRONICA Rendimiento: gbl

Costo unitario por gbl **15,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**15,000.00**
300010010	SC EQUIPAMIENTO DE TALLER DE ELECTRONICA	und	-	1.0000	15,000.00	15,000.00

Partida: 1.8.1.6.1 EQUIPAMIENTO DE HALL - RECEPCION Rendimiento: gbl

Costo unitario por gbl **15,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**15,000.00**
300010013	EQUIPAMIENTO DE HALL - RECEPCION	und	-	1.0000	15,000.00	15,000.00

Partida: 1.8.2.1.1 SUMINISTRO E INSTALACION DE EQUIPOS HIDROMETRICOS Rendimiento: und

Costo unitario por und **12,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**12,000.00**
300010011	SC SUMINISTRO E INSTALACION DE EQUIPOS HIDROMETRICOS	und	-	1.0000	12,000.00	12,000.00

Partida: 1.8.2.2.1 FABRICACION E INSTALACION DE MODELOS HIDRAULICOS A ESCALA Rendimiento: und

Costo unitario por und **45,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**45,000.00**
300010012	SC FABRICACION E INSTALACION DE MODELOS HIDRAULICOS A ESCALA	und	-	1.0000	45,000.00	45,000.00

Partida: 1.9.1.1 CONTENEDORES HERMÉTICOS DE COLORES Rendimiento: und

Costo unitario por und **180.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**180.00**
300040307	CONTENEDORES HERMETICOS DE COLORES	und	-	1.0000	180.00	180.00

Partida: 1.9.1.2 CHARLAS DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL Rendimiento: mes

Costo unitario por mes **750.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**750.00**
300040308	CHARLAS DE SENSIBILIZACIÓN	mes	-	1.0000	750.00	750.00

Partida: 1.9.1.3 MONITOREO AMBIENTAL Rendimiento: mes

Costo unitario por mes **750.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**750.00**
300040309	MONITOREO AMBIENTAL	mes	-	1.0000	750.00	750.00

Partida: 1.9.2.1 PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO Rendimiento:1 und/Día

Costo unitario por und **12,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						**12,000.00**
390010002	Plan de monitoreo Arqueologico	gbl	-	1.0000	12,000.00	12,000.00

Partida: 1.9.3.1 DESMONTAJE DE OBRAS PROVISIONALES Rendimiento: glb

Costo unitario por glb **2,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**2,000.00**
300040310	DESMONTAJE DE OBRAS PROVISIONALES	glb	-	1.0000	2,000.00	2,000.00

Partida: 1.9.3.2 LIMPIEZA FINAL DE OBRA — Rendimiento:250 m²/Día

Costo unitario por m² **2.47**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**1.21**
471060004	PEÓN	hh	2.0000	0.0640	18.90	1.21
EQUIPO						**1.26**
480040001	CAMIÓN VOLQUETE 6 M3	hm	0.2500	0.0080	152.50	1.22
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.21	0.04

Partida: 1.9.3.3 TRANSPORTE DE MATERIAL DESMONTADO — Rendimiento: glb

Costo unitario por glb **2,000.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**2,000.00**
300040311	TRANSPORTE DE MATERIAL DESMONTADO	glb	-	1.0000	2,000.00	2,000.00

Partida: 1.9.3.4 PLACA RECORDATORIA — Rendimiento:2 und/Día

Costo unitario por und **986.88**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**181.44**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	4.0000	26.46	105.84
471060004	PEÓN	hh	1.0000	4.0000	18.90	75.60
MATERIALES						**800.00**
210040312	PLACA RECORDATORIA	und	-	1.0000	800.00	800.00
EQUIPO						**5.44**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	181.44	5.44

Partida: 1.9.4.1 VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE — Rendimiento: und

Costo unitario por und **600.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**600.00**
300040313	VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE	und	-	1.0000	600.00	600.00

Partida: 1.9.4.2 DISEÑO DE MEZCLAS — Rendimiento: und

Costo unitario por und **500.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**500.00**
300040314	DISEÑO DE MEZCLAS	und	-	1.0000	500.00	500.00

Partida: 1.9.4.3 PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA CONCRETO — Rendimiento: und

Costo unitario por und **50.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**50.00**
300040315	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA CONCRETO	und	-	1.0000	50.00	50.00

Partida: 1.9.4.4 PRUEBA DE DENSIDAD DE CAMPO — Rendimiento: und

Costo unitario por und **60.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**60.00**
300040316	PRUEBA DE DENSIDAD DE CAMPO	und	-	1.0000	60.00	60.00

Partida: 1.9.4.5 ENSAYO PROCTOR MODIFICADO Rendimiento: und

Costo unitario por und **350.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**350.00**
300040317	ENSAYO A COMPRESIÓN DE TESTIGOS	und	-	1.0000	350.00	350.00

Partida: 1.9.4.6 PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA SOLDADURA Rendimiento: und

Costo unitario por und **250.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**250.00**
300040318	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA SOLDADURA	und	-	1.0000	250.00	250.00

Partida: 1.9.4.7 PRUEBAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y PUESTA EN SERVICIO Rendimiento:1 und/Día

Costo unitario por und **1,218.03**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						**211.68**
471060003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	26.46	211.68
MATERIALES						**1,000.00**
300040319	PRUEBAS ELÉCTRICAS	und	-	1.0000	1,000.00	1,000.00
EQUIPO						**6.35**
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	211.68	6.35

Partida: 1.9.5.1 FLETE TERRESTRE CUSCO - UNSAAC Rendimiento:1 glb/Día

Costo unitario por glb **24,250.00**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES						**24,250.00**
320040320	FLETE TERRESTRE CUSCO - ANANSAYA	glb	-	1.0000	24,250.00	24,250.00

ANEXO 07:
RELACION DE INSUMOS

LISTA DE INSUMOS DEL PROYECTO

PROYECTO : SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, 2024

PROPIETARIO : LABORATORIO DE HIDRAULICA
UBICACION : DPTO:CUSCO PROV:CUSCO DIST:CUSCO LOC:UNSAAC - PERAYOC
FECHA PROYECTO : 16/09/2024

Código	Descripción	Unid.	Cantidad	Costo	Total
	MANO DE OBRA				**197469.13**
471060004	PEÓN	hh	4148.2956	18.9	78402.79
471060003	OPERARIO	hh	3202.6481	26.46	84742.07
471060002	OFICIAL	hh	886.4339	20.87	18499.87
470040001	SOLDADOR	hh	515.1245	28.49	14675.9
470040187	OPERADOR DE MAQUINARIA	hh	41.6425	27.58	1148.5
	MATERIALES				**410258.5**
300040001	ALQUILER DE LOCAL PARA OFICINA DE RESIDENCIA Y ALMACÉN	mes	8.0001	500	4000.03
300040103	AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN	glb	1	1000	1000
320040001	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	est	1	4956	4956
300040105	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD	mes	8	1500	12000
300040121	EXTINTOR DE POLVO QUÍMICO SECO (PQS)	und	5	218	1090
300040122	BOTIQUÍN PARA LA OBRA	und	3	200	600
300040123	CAMILLA METÁLICA TIPO CANASTA DE RESCATE	und	2	350	700
300040124	RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIA Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	glb	1	500	500
210040001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	848.0389	29	24593.13
300040129	AGUA	m³	209.1341	15	3137.01
340040001	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	168.9833	22.5	3802.12
381060017	HORMIGÓN	m³	12.8465	84	1079.11
50040001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	48.4067	80	3872.54
41060001	ARENA GRUESA	m³	51.5823	90	4642.41
30040001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	7678.6378	6.6	50679.01
300040138	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	342.2372	18	6160.27
300040139	DISCO DE DESBASTE 7"	und	19.2535	12	231.04
300040140	LIJA DE FIERRO # 80	und	28.576	2.5	71.44
560040001	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 200x200x6mm DE 6m	und	7	1850	12950
300040141	DISCO DE CORTE 12"	und	17.4254	175	3049.44
530040001	THINER	gln	63.1441	26.5	1673.32
541060001	PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gln	48.4648	57	2762.49
540040001	PINTURA ANTICORROSIVA	gln	47.2729	87.5	4136.38
560040147	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 100x100x2.5mm DE 6m	und	10.92	240	2620.8
560040149	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x100x3mm DE 6m	und	30.17	220	6637.4
560040150	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x50x2.5mm DE 6m	und	68.6	117	8026.2
300040151	MASILLA EPOXICA	und	36	13.5	486
560040152	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x100x2.5mm DE 6m	und	47.89	180	8620.2
560040161	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x50x2mm DE 6m	und	18.54	99	1835.46
560040162	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 40x80x2mm DE 6m	und	4.7261	125	590.76
260040001	TORNILLO AUTOPERFORANTE DE CABEZA HEXAGONAL Nº 10 x 3/4" CON ARANDELA DE NEOPRENE	und	890.03	2.25	2002.57
520040001	COBERTURA DE ALUZINC 1.07m x 5.15m x 0.4mm	pln	178.006	150	26700.9
300040168	PEGAMENTO PARA PVC	gln	3.5596	160	569.54
730040001	TUBERÍA PVC SAP 4"x5m	pza	9.8	21	205.8
300040173	ACOMETIDA PARA ENERGÍA ELÉCTRICA	glb	1	800	800
740040001	CURVA PVC SAP 1"	pza	8	3.7	29.6
740040175	TUBO PVC SAP ELÉCTRICA 1"X3 m.	und	60.305	15	904.58
740040176	UNIÓN SIMPLE PVC SAP (ELÉCTRICA) 1"	pza	9.1893	1.5	13.78
80040001	CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO N2XH DE 1X6 mm2	m	274.743	4.2	1153.92
300040177	CINTA AISLANTE ELECTRICA	und	12.7652	7.9	100.84
41060013	ARENA FINA	m³	11.4232	135	1542.13
120040178	TABLERO METÁLICO DE 12 POLOS	und	1	47	47
120040179	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x32A	und	3	35	105
300010015	LUMINARIA HIGH BAY LED 1X150W	und	15	180	2700
20040258	PERNOS DE SUJECIÓN PARA INODORO	par	4	2	8
100040001	INODORO TANQUE BAJO	und	4	235	940
100040259	TUBO DE ABASTO 1/2" x 5/8" x 35 cm	und	8	12.3	98.4
100040260	BASE Y TAPA DE INODORO	und	4	21	84
300040261	ANILLO DE CERA	und	4	5.1	20.4
300040265	CINTA TEFLÓN	und	11.25	3	33.75
300040268	FORMADOR DE EMPAQUETADURA	Env	0.262	12.9	3.38

650040269	CODO GALVANIZADO DE 90º x 1/2"	und	13	3	39
720040270	TUBERÍA PVC SAP 1/2" x 5m C-10	und	4.934	16.9	83.39
300040125	YESO EN BOLSA DE 28 Kg	bol	1.138	13	14.79
300040126	CORDEL PARA TRAZOS	m	1.1955	3	3.59
430040127	ESTACAS MADERA 2"X2"X1'	p²	8.966	2.8	25.1
720040274	CODO PVC SP 90º x 1/2"	und	24.2	1.5	36.3
650040281	UNIÓN UNIVERSAL DE FºGº DE 3/4"	und	12	12	144
650040282	NIPLE DE Fº Gº DE 3/4" x 2"	und	12	4.9	58.8
770040283	VÁLVULA ESFÉRICA DE 3/4"	und	6	70	420
700040001	ACOPLE METÁLICO DE AMPLIO RANGO PARA TUBERÍA	und	3	190	570
720040287	CODO PVC SAL 90º x 2"	und	39.6	2.5	99
720040288	TUBO PVC SAL DE 2" x 3 m	und	12.795	20	255.9
720040289	CODO PVC SAL 45º x 2"	und	1.1	2.5	2.75
210040300	CAJA DE REGISTRO PARA DESAGÜE DE 12"x24"	und	3	208.9	626.7
300040307	CONTENEDORES HERMETICOS DE COLORES	und	4	180	720
300040310	DESMONTAJE DE OBRAS PROVISIONALES	glb	1	2000	2000
300040313	VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE	und	2	600	1200
320040320	FLETE TERRESTRE CUSCO - ANANSAYA	glb	1	24250	24250
10010001	ACEITE GPARA MAQUINARIA PESADA	gln	8.2222	45	370
170040001	LADRILLO KING KONG TIPO IV 9x13x24 cm	und	8776.87	1.6	14042.99
540040163	IMPRIMANTE	gln	29.379	30	881.37
540040164	PINTURA LATEX	gln	13.0305	40	521.22
540040165	SELLADOR PARA MUROS	gln	14.807	25	370.18
300040166	LIJA PARA MADERA	und	42.1883	1.8	75.94
50040195	PIEDRA MEDIANA DE 6"	m³	26.0589	75	1954.42
20040135	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	438.3803	6.3	2761.8
20040212	CLAVOS DE ACERO DE 3/4"	und	43.44	2.5	108.6
140040001	BALDOSA ACÚSTICA DE 0.60x1.20 m PARA CIELORASO (FIBRA MINERAL)	m²	14.9144	30	447.43
520040213	ÁNGULO ALUMINIO 1 1/2"x1 1/2"x1/8" x6m.	pza	2.6064	40	104.26
520040214	TEE DE ALUMINIO 1"x 1"x1/8" x 6m.	pza	16.9422	50.4	853.89
371060091	Regla de madera	p²	1.9824	6	11.89
240040001	CERÁMICO DE ALTO TRÁNSITO DE 0.40x0.40 m	m²	17.0156	40	680.62
300040215	PEGAMENTO PARA LOSETAS Y CERÁMICAS x 25 kg	und	5.8139	16.1	93.6
300040216	FRAGUA	kg	5.9646	6.9	41.16
240040217	CERÁMICO PARA PARED DE 0.20x0.30 m	m²	3.16	36.4	115.02
300040218	RODOPLAST PARA BORDE DE MAYÓLICAS	m	6.9366	4.1	28.44
20040222	CLAVOS PARA MADERA C/C 1"	kg	0.879	8	7.03
20040223	CLAVOS PARA MADERA C/C 2"	kg	1.8195	8	14.56
260040224	TORNILLO DE CABEZA HEXAGONAL DE 2 1/2"	und	35.16	1	35.16
300040225	COLA SINTETICA P/CARPINTERIA	gln	2.1975	50	109.88
440040226	MADERA AGUANO CEPILLADO	p²	310.95	9.5	2954.03
720040227	TARUGO DE PVC 5/16" X 2½"	und	35.16	0.45	15.82
260040229	BISAGRA ALUMINIZ.CAPUCHINA 4"x4"	und	4	29.6	118.4
790040001	VIDRIO LAMINADO DE 6 mm	p²	38.42	12	461.04
120040001	CAJA OCTOGONAL GALVANIZADO 100x55 mm	und	12	5.35	64.2
740040239	CURVA PVC SAP 3/4"	pza	50	2.6	130
740040240	CONECTOR PVC SAP 3/4"	pza	22	0.8	17.6
740040244	TUBO PVC SAP ELÉCTRICA 3/4"X3 m.	und	18.76	11	206.36
740040245	UNIÓN SIMPLE PVC SAP (ELÉCTRICA) 3/4"	pza	2.9236	1.1	3.22
80040246	CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO NH-80 DE 2.5 mm2	m	23.2105	1.9	44.1
120040249	TABLERO METÁLICO DE 8 POLOS	und	1	52.9	52.9
120040250	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x16A	und	1	42.9	42.9
300040100	ALQUILER DE BAÑO PORTATIL	mes	8	500	4000
300040104	ENERGÍA ELÉCTRICA PROVISIONAL	glb	1	1000	1000
300040106	CASCO DE PROTECCIÓN	und	60	20	1200
300040107	LENTES DE PROTECCIÓN	und	60	6	360
300040108	GUANTES DE CUERO	par	60	12	720
300040109	GUANTES DE JEBE	par	60	12	720
300040110	BOTAS DE JEBE	par	60	35	2100
300040111	ZAPATOS DE SEGURIDAD PUNTA DE ACERO	par	60	80	4800
300040112	ARNÉS DE SEGURIDAD	und	4	279	1116
300040113	RESPIRADOR CONTRA POLVO	und	60	60	3600
300040114	CHALECO REFLECTIVO	und	60	42	2520
300040115	GUANTES DIELÉCTRICO	par	3	199	597
300040116	TAPÓN DE OÍDO CON ESTUCHE	und	60	3	180
20040136	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	107.4559	6.3	676.97
20040001	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	101.3942	8	811.15
430040137	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	1999.194	4.2	8396.62
300040144	NEOPRENE PLANCHA	pln	14	15	210
560040145	PLANCHA DE ACERO LAC 12.5mm x1.20m x2.40m (1/2")	pln	3.5	1184	4144
560040148	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x100x2mm DE 6m	und	7.8065	145	1131.95
720040001	CODO PVC SAP Ø4"x45°	und	16	8.3	132.8

740040174	CONECTOR PVC SAP 1"	pza	24	12.9	309.6
190040001	CONDUCTOR VULCANIZADO NLT 1x4mm2	m	77.616	2.8	217.32
120040180	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A	und	4	42.9	171.6
40040001	TIERRA NEGRA	m³	4.375	150	656.25
60040181	VARILLA DE COBRE 3/4" X 2.40 m	und	1	297.5	297.5
60040182	CONECTOR Cu ANDERSON DE 25 mm2	und	1	17.9	17.9
300040183	SAL INDUSTRIAL X 30 kg	sac	1	45	45
300040184	BENTONITA SÓDICA x 30 kg	sac	1	38	38
300040185	CEMENTO CONDUCTIVO X 25kg	sac	1	134.9	134.9
210040186	CAJA DE REGISTRO PARA PUESTA A TIERRA	und	1	44.9	44.9
100040262	LAVATORIO DE LOSA NACIONAL COLOR C/PEDESTAL	und	4	125	500
100040263	GRIFO PARA LAVAMANOS CROMADO	und	4	160	640
260040264	TIRAFON DE 1/4" x 3"	und	8	2	16
100040266	TRAMPA "P" CROMADA P/LAVADADERO 1 1/2"	und	4	29	116
720040275	CODO PVC SP 90º x 3/4"	und	12.1	4	48.4
300040285	HIPOCLORITO DE CALCIO 70%	kg	0.0269	65	1.75
720040233	TUBO PVC SAL DE 4" x 3 m	und	29.39	45	1322.55
300040308	CHARLAS DE SENSIBILIZACIÓN	mes	8	750	6000
300040314	DISEÑO DE MEZCLAS	und	6	500	3000
10010002	LUBRICANTE PARA MAQUINARIA PESADA	gln	0.1406	32	4.5
460040001	MALLA OLÍMPICA DE 2"x2" - ALAMBRE Nº 10 - ROLLO 20m x 2m	rll	10.928	710	7758.88
510040198	PERFIL ANGULAR DE 1 1/2"x1 1/2"x3/16", L = 6m	und	166.232	80	13298.56
510040199	PERFIL TEE DE 1 1/2"x1 1/2"x3/16", L = 6m	und	83.116	100	8311.6
540040167	PINTURA LATEX SATINADO	gln	16.3485	98	1602.15
300010001	Grass sintetico de 7mm	m²	75	20	1500
300040207	FULMINANTE VERDE CALIBRE 22 RAMSET CW	und	69.32	0.35	24.26
210040208	PLANCHA DE SUPERBOARD 1.22 x 2.40 m	pln	6.1168	87.8	537.06
260040209	TORNILLO AUTORROSCANTE	und	69.32	0.15	10.4
510040210	RIEL METÁLICO L = 3.00 m	pza	6.0757	8.5	51.64
520040211	PARANTES GALVANIZADOS 89X38 L = 3.00 m	pza	34.66	10.5	363.93
260040230	CERRADURA PARA PUERTA PRINCIPAL 3 GOLPES	und	1	100	100
120040241	CAJA RECTANGULAR GALVANIZADA 100x55x50 mm	und	6	5.9	35.4
120040242	INTERRUPTOR DOBLE	pza	1	15	15
80040247	CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO NH-80 DE 4 mm2	m	43.371	2.75	119.27
430040001	ROLLIZO DE EUCALIPTO DE 3" X 2.80 M	pza	160	28	4480
300040101	TELA ARPILLERA	m²	320	2	640
300040117	CINTA DE SEGURIDAD	rll	3.64	45	163.8
300040118	CONO DE SEGURIDAD	und	6	40	240
440040119	TRANQUERA TIPO BARANDA 2.40X1.20 m PARA SEÑALIZACIÓN Y PROTECCIÓN	und	10	75	750
720040169	CODO PVC SAP Ø4"x90°	und	4	8.5	34
60040001	CABLE DE COBRE DESNUDO DE 6 mm2	m	13.8011	4.5	62.1
100040267	URINARIO PICO BLANCO INC. ACCESORIOS	und	1	220	220
720040276	TEE PVC SP 90º x 1/2"	und	4.4	2.5	11
720040235	CODO PVC SAL 90º x 4"	und	2.2	9.5	20.9
300040309	MONITOREO AMBIENTAL	mes	1	750	750
300040311	TRANSPORTE DE MATERIAL DESMONTADO	glb	1	2000	2000
300040315	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA CONCRETO	und	60	50	3000
560040201	PLANCHA DE ACERO LAC 6mm x1.20m x2.40m (1/4")	pln	0.1964	665	130.61
650040202	TUBO DE FºGº Ø=2", e=2mm, L=6m	und	10.311	88	907.37
120040243	TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE CON TOMA TIERRA	und	5	21.5	107.5
80040248	CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO N2XH DE 1X4 mm2	m	99.3462	3.9	387.45
120040251	INTERRUPTOR DIFERENCIAL 2x25A	und	1	184	184
440040001	GIGANTOGRAFÍA 3.60x2.40m INC. MARCO DE REFUERZO Y ACCESORIOS	und	1	300	300
450040001	TRIPLAY DE 6 MM PARA ENCOFRADO	pln	2	45	90
430040102	MADERA CORRIENTE (3"X3")	p²	130	4.6	598
610040001	PLANCHA GALVANIZADA DE 4' X 8' E=1/32"	pln	2.8	100	280
560040154	PLANCHA DE ACERO LAC 8mm x1.20m x2.40m (5/16")	pln	3.5	797	2789.5
510040001	PLATINA DE FIERRO 3/16" x 2" x 6m	pza	64.226	56.5	3628.77
610040170	PLANCHA GALVANIZADA DE 1/16"	m²	62.53	166	10379.98
720040277	TEE PVC SP 90º x 3/4"	und	8.8	5.5	48.4
720040290	CODO DE VENTILACIÓN PVC SAL 4" x 2"	und	4.4	13	57.2
210040312	PLACA RECORDATORIA	und	1	800	800
300040316	PRUEBA DE DENSIDAD DE CAMPO	und	24	60	1440
300040120	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA	und	8	500	4000
20040155	CABLE DE ACERO INOXIDABLE TIPO RETENIDA Ø1/2" (CABLE TENSOR)	m	351.729	5	1758.65
510040171	PLATINA DE FIERRO 1/8" x 1 1/4" x 6m	pza	0.6016	25	15.04
650040172	TIRAFONES DE 1/4" X 1 1/2"	pza	32	2.3	73.6
720040278	TEE PVC SP 90º x 1"	und	1.1	10.5	11.55
720040291	TEE SANITARIA PVC SAL 2"	und	3.3	5.6	18.48
300040317	ENSAYO A COMPRESIÓN DE TESTIGOS	und	2	350	700
130040001	ASFALTO RC-250	gln	18.5197	23	425.95

540040231	BARNIZ MARINO	gln	0.4395	40	17.58
540040232	LACA TRANSPARENTE CRISTAL	gln	0.5274	35	18.46
20040156	GANCHO SIMPLE DE ACERO P/ANCLAJE (CABLE TENSOR)	und	42	5	210
20040157	GUARDACABO PARA CABLE DE 1/2"	und	84	4	336
20040158	TENSOR DE CABLE DE ACERO INOXIDABLE GALV.	und	42	6	252
20040160	PERNO HEXAGONAL DE 5/8"x2" (INCLUIDO ARANDELA Y TUERCA)	und	84	2.5	210
650040001	ABRAZADERA DE FIERRO GALVANIZADO DE 1/2"	und	252	3	756
720040272	TUBERÍA PVC SAP 3/4" x 5m C-10	und	3.7596	30.9	116.17
720040279	REDUCCIÓN PVC SP 3/4" A 1/2"	und	9.9	2.5	24.75
720040292	TEE SANITARIA PVC SAL 4" x 2"	und	1.1	12.5	13.75
300040318	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA SOLDADURA	und	20	250	5000
720040273	TUBERÍA PVC SAP 1" x 5m C-10	und	1.26	48	60.48
720040280	REDUCCIÓN PVC SP 1" A 3/4"	und	1.1	6.5	7.15
720040293	YEE PVC SAL 2"	und	2.2	9	19.8
300040319	PRUEBAS ELÉCTRICAS	und	1	1000	1000
720040294	YEE PVC SAL 4"	und	4.4	25.9	113.96
720040295	YEE PVC SAL 4" x 2"	und	5.5	13	71.5
720040296	TRAMPA P PVC 2"	und	4.4	13.9	61.16
100040297	REGISTRO ROSCADO DE BRONCE DE 4"	und	2	24.9	49.8
100040298	SUMIDERO CROMADO DE 2"	und	2	11.9	23.8
720040299	SOMBRERO DE VENTILACIÓN PVC SAL DE 2"	und	2	10	20
300010016	LUMINARIA FLUORESCENTE LINEAL 2X40WATT	und	20	80	1600
300010017	LUMINARIA HERMETICA PARA ADOSAR CON 2 CAMPANAS LET DE 16 WATT IP 65	und	2	95	190
	EQUIPO				**36981.4**
480040133	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	77.3588	20	1547.18
490040134	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	57.1527	14.5	828.71
480040142	EQUIPO DE SOLDAR	hm	866.5613	12	10398.74
490040143	GRÚA SOBRE CAMIÓN 12m	hm	6.3329	180	1139.93
490040146	COMPRESORA DE AIRE	hm	68.1582	5.5	374.87
490040001	ESTACIÓN TOTAL INC/PRISMAS	hm	0.4867	17.5	8.52
490040128	NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	0.4828	6.5	3.14
480040284	MOTOBOMBA 5 HP DE 2" INCLUYE MANGUERA	hm	4	15	60
490010001	TRACTOR DE ORUGAS	hm	11.5435	230	2655
371060081	Andamio metálico	hm	139.5008	1	139.5
371060081	Andamio metálico	dia	110.1934	8	881.55
490040130	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA DE 4 HP	hm	39.8859	15.5	618.23
491060098	Sierra Circular	hm	3.3547	8.5	28.52
490040228	CEPILLADORA ELECTRICA	hm	3.3538	12.7	42.59
480040153	TECLE DE 2 TON.	hm	22.662	5	113.31
480040286	EQUIPO DE PRUEBA HIDRÁULICA	hm	0.5667	15	8.5
480040001	CAMIÓN VOLQUETE 6 M3	hm	40.8325	152.5	6226.96
490040192	RODILLO VIBRATORIO 7 - 9 TN	hm	4.2923	130	558
490040132	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP 2.5 YD3.	hm	22.0418	157.5	3471.58
480040190	CAMIÓN CISTERNA 4x2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	2.145	100	214.5
480040200	AMOLADORA	dia	73.1221	20	1462.44
490040131	COMPACTADOR TIPO CANGURO	hm	8.8209	15.5	136.72
490040271	ZARANDA	hm	4.3168	3	12.95
490040159	TALADRO DE MANO	he	28	1.5	42
370040001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	2.9079	197469.13	5742.22
370010001	Herramientas	%mo	0.1346	197469.13	265.75
	SUB-CONTRATOS				**1485977.2**
390010002	Plan de monitoreo Arqueologico	gbl	1	12000	12000
30040197	SC PUERTA METÁLICA DE 2.49x2.85 m INC. PINTURA ANTICORROSIVA Y CERRAJERÍA	und	2	2838.6	5677.2
300010002	SC SUMINISTRO E INSTALACION DE GRUA DE 5 TONELADAS	und	1	120000	120000
300010003	SUMINISTRO E INSTALACION DE BALCON METALICO	m	63	1500	94500
300010004	SC SUMINISTRO E INSTALACION DE CRIDRIO INC ESTRUCTURA	m²	350	450	157500
300010005	SC INSTALACIONES ELECTRONICAS PARA EQUIPOS HIDROMETRICOS	und	60	355	21300
300010006	SC EQUIPAMIENTO OFICINA DE JEFE DE LABORATORIO	und	1	15000	15000
300010007	SC EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE JEFE DE INVESTIGACION	und	1	15000	15000
300010008	SC EQUIPAMIENTO OFICINA DE INVESTIGACION - ALUMNOS	und	1	15000	15000
300010009	SC EQUIPAMIENTO DE TALLER DE METALES	und	1	15000	15000
300010010	SC EQUIPAMIENTO DE TALLER DE ELECTRONICA	und	1	15000	15000
300010013	EQUIPAMIENTO DE HALL - RECEPCION	und	1	15000	15000
300010011	SC SUMINISTRO E INSTALACION DE EQUIPOS HIDROMETRICOS	und	60	12000	720000
300010012	SC FABRICACION E INSTALACION DE MODELOS HIDRAULICOS A ESCALA	und	4	45000	180000
300010014	SC MOTORES Y EQUIPAMIENTO CUARTO DE MAQUINAS	und	1	85000	85000
				TOTAL:	**2130686.23**

ANEXO 08:
PRESUPUESTO ANALITICO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

RESUMEN PRESUPUESTO ANALÍTICO

UNIDAD GEST. : **LABORATORIO DE HIDRAULICA**

PROYECTO : **TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"**

CODIGO	ESPECIFICA DE GASTOS	Costo Directo	Gastos Generales	Gastos de Supervisión	Gastos de Liquidacion	Gastos de Expediente Técnico	COSTO TOTAL
2.6.2 3.2 4	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - PERSONAL	197,469.13	199,700.00	106,500.00	0.00	0.00	503,669.13
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (VESTUARIO)	17,913.00	38,640.00	37,470.00	0.00	0.00	94,023.00
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (COMBUSTIBLE, CARBURANTES Y LUBRICANTES)	5,845.44	0.00	0.00	0.00	0.00	5,845.44
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (MAT. DE CONSTRUCCION)	386,500.05	0.00	0.00	0.00	0.00	386,500.05
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (MOBILIARIOS)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (MATERIALES DE ESCRITORIO)	0.00	5,098.75	1,945.50	0.00	0.00	7,044.25
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (HERRAMIENTAS)	6,007.97	0.00	0.00	0.00	0.00	6,007.97
2.6.2 3.2 6	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - SERVICIOS	1,516,950.64	150.00	0.00	24,000.00	0.00	1,541,100.64
2.6.8 1.3 1	ELABORACION DE EXPEDIENTES TECNICOS - PERSONAL	0.00	0.00	0.00	0.00	39,500.00	39,500.00
TOTAL		**2,130,686.23**	**243,588.75**	**145,915.50**	**24,000.00**	**39,500.00**	**2,583,690.48**
%			**11.432408%**	**6.848287%**	**1.126398%**	**1.853863%**	

RESUMEN PRESUPUESTO ANALÍTICO - COSTO DIRECTO

UNIDAD GEST. : LABORATORIO DE HIDRAULICA
PROYECTO : TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

CÓDIGO	ESPECIFICA DE GASTOS	C.DIRECTO
2.6.2 3.2 4	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - PERSONAL	197,469.13
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (VESTUARIO)	17,913.00
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (COMBUSTIBLE, CARBURANTES Y LUBRICANTES)	5,845.44
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (MAT. DE CONSTRUCCION)	386,500.05
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (MOBILIARIOS)	
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (MATERIALES DE ESCRITORIO)	
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (HERRAMIENTAS)	6,007.97
2.6.2 3.2 6	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - SERVICIOS	1,516,950.64
TOTAL COSTO DIRECTO		**2,130,686.23**

DESAGREGADO DEL PRESUPUESTO ANALÍTICO
COSTO DIRECTO

2.6.2 3.2 4 COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - PERSONAL **S/. 197,469.13**

CARGO	UNID.	CANTIDAD	P.U.	SUB TOTAL
PEÓN	hh	4148.30	18.90	78402.79
OPERARIO	hh	3202.65	26.46	84742.07
OFICIAL	hh	886.43	20.87	18499.87
SOLDADOR	hh	515.12	28.49	14675.9
OPERADOR DE MAQUINARIA	hh	41.64	27.58	1148.5
TOTAL				**197,469.13**

2.6.2 3.2 5 COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (VESTUARIO) **S/. 17,913.00**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
CASCO DE PROTECCIÓN	und	60.00	20.00	1200
LENTES DE PROTECCIÓN	und	60.00	6.00	360
GUANTES DE CUERO	par	60.00	12.00	720
GUANTES DE JEBE	par	60.00	12.00	720
BOTAS DE JEBE	par	60.00	35.00	2100
ZAPATOS DE SEGURIDAD PUNTA DE ACERO	par	60.00	80.00	4800
ARNÉS DE SEGURIDAD	und	4.00	279.00	1116
RESPIRADOR CONTRA POLVO	und	60.00	60.00	3600
CHALECO REFLECTIVO	und	60.00	42.00	2520
GUANTES DIELÉCTRICO	par	3.00	199.00	597
TAPÓN DE OÍDO CON ESTUCHE	und	60.00	3.00	180
TOTAL				**17,913.00**

2.6.2 3.2 5 COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (COMBUSTIBLE, CARBURANTES Y LUBRICANTES) **S/. 5,845.44**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
GASOLINA 90 OCTANOS	gln	168.98	22.50	3,802.12
THINER	gln	63.14	26.50	1,673.32
ACEITE GPARA MAQUINARIA PESADA	gln	8.22	45.00	370.00
TOTAL				**5,845.44**

2.6.2 3.2 5 COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (M **S/. 386,500.05**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
ALQUILER DE LOCAL PARA OFICINA DE RESIDENCIA Y ALMACÉN	mes	8.00	500.00	4,000.03
AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN	glb	1.00	1000.00	1,000.00
MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	est	1.00	4956.00	4,956.00
ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGU	mes	8.00	1500.00	12,000.00
EXTINTOR DE POLVO QUÍMICO SECO (PQS)	und	5.00	218.00	1,090.00
BOTIQUÍN PARA LA OBRA	und	3.00	200.00	600.00
CAMILLA METÁLICA TIPO CANASTA DE RESCATE	und	2.00	350.00	700.00
RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIA Y SALUD DURANTE EL	glb	1.00	500.00	500.00
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	848.04	29.00	24,593.13
AGUA	m³	209.13	15.00	3,137.01
HORMIGÓN	m³	12.85	84.00	1,079.11
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	48.41	80.00	3,872.54
ARENA GRUESA	m³	51.58	90.00	4,642.41

RESUMEN PRESUPUESTO ANALÍTICO - COSTO DIRECTO

UNIDAD GEST. : **LABORATORIO DE HIDRAULICA**
PROYECTO : **TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"**

ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	7,678.64	6.60	50,679.01
SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	342.24	18.00	6,160.27
DISCO DE DESBASTE 7"	und	19.25	12.00	231.04
LIJA DE FIERRO # 80	und	28.58	2.50	71.44
TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 200x200x6mm DE 6m	und	7.00	1850.00	12,950.00
DISCO DE CORTE 12"	und	17.43	175.00	3,049.44
PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gln	48.46	57.00	2,762.49
PINTURA ANTICORROSIVA	gln	47.27	87.50	4,136.38
TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 100x100x2.5mm DE 6m	und	10.92	240.00	2,620.80
TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x100x3mm DE 6m	und	30.17	220.00	6,637.40
TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x50x2.5mm DE 6m	und	68.60	117.00	8,026.20
MASILLA EPOXICA	und	36.00	13.50	486.00
TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x100x2.5mm DE 6m	und	47.89	180.00	8,620.20
TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x50x2mm DE 6m	und	18.54	99.00	1,835.46
TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 40x80x2mm DE 6m	und	4.73	125.00	590.76
TORNILLO AUTOPERFORANTE DE CABEZA HEXAGONAL Nº 10 x 3/4" CON A	und	890.03	2.25	2,002.57
COBERTURA DE ALUZINC 1.07m x 5.15m x 0.4mm	pln	178.01	150.00	26,700.90
PEGAMENTO PARA PVC	gln	3.56	160.00	569.54
TUBERÍA PVC SAP 4"x5m	pza	9.80	21.00	205.80
ACOMETIDA PARA ENERGÍA ELÉCTRICA	glb	1.00	800.00	800.00
CURVA PVC SAP 1"	pza	8.00	3.70	29.60
TUBO PVC SAP ELÉCTRICA 1"X3 m.	und	60.31	15.00	904.58
UNIÓN SIMPLE PVC SAP (ELÉCTRICA) 1"	pza	9.19	1.50	13.78
CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO N2XH DE 1X6 mm2	m	274.74	4.20	1,153.92
CINTA AISLANTE ELECTRICA	und	12.77	7.90	100.84
ARENA FINA	m³	11.42	135.00	1,542.13
TABLERO METÁLICO DE 12 POLOS	und	1.00	47.00	47.00
INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x32A	und	3.00	35.00	105.00
LUMINARIA HIGH BAY LED 1X150W	und	15.00	180.00	2,700.00
PERNOS DE SUJECIÓN PARA INODORO	par	4.00	2.00	8.00
INODORO TANQUE BAJO	und	4.00	235.00	940.00
TUBO DE ABASTO 1/2" x 5/8" x 35 cm	und	8.00	12.30	98.40
BASE Y TAPA DE INODORO	und	4.00	21.00	84.00
ANILLO DE CERA	und	4.00	5.10	20.40
CINTA TEFLÓN	und	11.25	3.00	33.75
FORMADOR DE EMPAQUETADURA	Env	0.26	12.90	3.38
CODO GALVANIZADO DE 90º x 1/2"	und	13.00	3.00	39.00
TUBERÍA PVC SAP 1/2" x 5m C-10	und	4.93	16.90	83.39
YESO EN BOLSA DE 28 Kg	bol	1.14	13.00	14.79
CORDEL PARA TRAZOS	m	1.20	3.00	3.59
ESTACAS MADERA 2"X2"X1'	p²	8.97	2.80	25.10
CODO PVC SP 90º x 1/2"	und	24.20	1.50	36.30
UNIÓN UNIVERSAL DE FºGº DE 3/4"	und	12.00	12.00	144.00
NIPLE DE Fº Gº DE 3/4" x 2"	und	12.00	4.90	58.80
VÁLVULA ESFÉRICA DE 3/4"	und	6.00	70.00	420.00
ACOPLE METÁLICO DE AMPLIO RANGO PARA TUBERÍA	und	3.00	190.00	570.00
CODO PVC SAL 90º x 2"	und	39.60	2.50	99.00
TUBO PVC SAL DE 2" x 3 m	und	12.80	20.00	255.90
CODO PVC SAL 45º x 2"	und	1.10	2.50	2.75
CAJA DE REGISTRO PARA DESAGÜE DE 12"x24"	und	3.00	208.90	626.70
CONTENEDORES HERMETICOS DE COLORES	und	4.00	180.00	720.00
DESMONTAJE DE OBRAS PROVISIONALES	glb	1.00	2000.00	2,000.00
VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE	und	2.00	600.00	1,200.00
FLETE TERRESTRE CUSCO - ANANSAYA	glb	1.00	24250.00	24,250.00
LADRILLO KING KONG TIPO IV 9x13x24 cm	und	8,776.87	1.60	14,042.99
IMPRIMANTE	gln	29.38	30.00	881.37
PINTURA LATEX	gln	13.03	40.00	521.22
SELLADOR PARA MUROS	gln	14.81	25.00	370.18
LIJA PARA MADERA	und	42.19	1.80	75.94
PIEDRA MEDIANA DE 6"	m³	26.06	75.00	1,954.42
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	438.38	6.30	2,761.80
CLAVOS DE ACERO DE 3/4"	und	43.44	2.50	108.60
BALDOSA ACÚSTICA DE 0.60x1.20 m PARA CIELORASO (FIBRA MINERAL)	m²	14.91	30.00	447.43
ÁNGULO ALUMINIO 1 1/2"x1 1/2"x1/8" x6m.	pza	2.61	40.00	104.26
TEE DE ALUMINIO 1"x 1"x1/8" x 6m.	pza	16.94	50.40	853.89
Regla de madera	p²	1.98	6.00	11.89
CERÁMICO DE ALTO TRÁNSITO DE 0.40x0.40 m	m²	17.02	40.00	680.62
PEGAMENTO PARA LOSETAS Y CERÁMICAS x 25 kg	und	5.81	16.10	93.60
FRAGUA	kg	5.96	6.90	41.16
CERÁMICO PARA PARED DE 0.20x0.30 m	m²	3.16	36.40	115.02

RESUMEN PRESUPUESTO ANALÍTICO - COSTO DIRECTO

UNIDAD GEST. : **LABORATORIO DE HIDRAULICA**
PROYECTO : **TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"**

RODOPLAST PARA BORDE DE MAYÓLICAS	m	6.94	4.10	28.44
CLAVOS PARA MADERA C/C 1"	kg	0.88	8.00	7.03
CLAVOS PARA MADERA C/C 2"	kg	1.82	8.00	14.56
TORNILLO DE CABEZA HEXAGONAL DE 2 1/2"	und	35.16	1.00	35.16
COLA SINTETICA P/CARPINTERIA	gln	2.20	50.00	109.88
MADERA AGUANO CEPILLADO	p²	310.95	9.50	2,954.03
TARUGO DE PVC 5/16" X 2½"	und	35.16	0.45	15.82
BISAGRA ALUMINIZ.CAPUCHINA 4"x4"	und	4.00	29.60	118.40
VIDRIO LAMINADO DE 6 mm	p²	38.42	12.00	461.04
CAJA OCTOGONAL GALVANIZADO 100x55 mm	und	12.00	5.35	64.20
CURVA PVC SAP 3/4"	pza	50.00	2.60	130.00
CONECTOR PVC SAP 3/4"	pza	22.00	0.80	17.60
TUBO PVC SAP ELÉCTRICA 3/4"X3 m.	und	18.76	11.00	206.36
UNIÓN SIMPLE PVC SAP (ELÉCTRICA) 3/4"	pza	2.92	1.10	3.22
CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO NH-80 DE 2.5 mm2	m	23.21	1.90	44.10
TABLERO METÁLICO DE 8 POLOS	und	1.00	52.90	52.90
INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x16A	und	1.00	42.90	42.90
ALQUILER DE BAÑO PORTATIL	mes	8.00	500.00	4,000.00
ENERGÍA ELÉCTRICA PROVISIONAL	glb	1.00	1000.00	1,000.00
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	107.46	6.30	676.97
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	101.39	8.00	811.15
MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	1,999.19	4.20	8,396.62
NEOPRENE PLANCHA	pln	14.00	15.00	210.00
PLANCHA DE ACERO LAC 12.5mm x1.20m x2.40m (1/2")	pln	3.50	1184.00	4,144.00
TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x100x2mm DE 6m	und	7.81	145.00	1,131.95
CODO PVC SAP Ø4"x45°	und	16.00	8.30	132.80
CONECTOR PVC SAP 1"	pza	24.00	12.90	309.60
CONDUCTOR VULCANIZADO NLT 1x4mm2	m	77.62	2.80	217.32
INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A	und	4.00	42.90	171.60
TIERRA NEGRA	m³	4.38	150.00	656.25
VARILLA DE COBRE 3/4" X 2.40 m	und	1.00	297.50	297.50
CONECTOR Cu ANDERSON DE 25 mm2	und	1.00	17.90	17.90
SAL INDUSTRIAL X 30 kg	sac	1.00	45.00	45.00
BENTONITA SÓDICA x 30 kg	sac	1.00	38.00	38.00
CEMENTO CONDUCTIVO X 25kg	sac	1.00	134.90	134.90
CAJA DE REGISTRO PARA PUESTA A TIERRA	und	1.00	44.90	44.90
LAVATORIO DE LOSA NACIONAL COLOR C/PEDESTAL	und	4.00	125.00	500.00
GRIFO PARA LAVAMANOS CROMADO	und	4.00	160.00	640.00
TIRAFON DE 1/4" x 3"	und	8.00	2.00	16.00
TRAMPA "P" CROMADA P/LAVADADERO 1 1/2"	und	4.00	29.00	116.00
CODO PVC SP 90º x 3/4"	und	12.10	4.00	48.40
HIPOCLORITO DE CALCIO 70%	kg	0.03	65.00	1.75
TUBO PVC SAL DE 4" x 3 m	und	29.39	45.00	1,322.55
CHARLAS DE SENSIBILIZACIÓN	mes	8.00	750.00	6,000.00
DISEÑO DE MEZCLAS	und	6.00	500.00	3,000.00
LUBRICANTE PARA MAQUINARIA PESADA	gln	0.14	32.00	4.50
MALLA OLÍMPICA DE 2"x2" - ALAMBRE Nº 10 - ROLLO 20m x 2m	rll	10.93	710.00	7,758.88
PERFIL ANGULAR DE 1 1/2"x1 1/2"x3/16", L = 6m	und	166.23	80.00	13,298.56
PERFIL TEE DE 1 1/2"x1 1/2"x3/16", L = 6m	und	83.12	100.00	8,311.60
PINTURA LATEX SATINADO	gln	16.35	98.00	1,602.15
Grass sintetico de 7mm	m²	75.00	20.00	1,500.00
FULMINANTE VERDE CALIBRE 22 RAMSET CW	und	69.32	0.35	24.26
PLANCHA DE SUPERBOARD 1.22 x 2.40 m	pln	6.12	87.80	537.06
TORNILLO AUTORROSCANTE	und	69.32	0.15	10.40
RIEL METÁLICO L = 3.00 m	pza	6.08	8.50	51.64
PARANTES GALVANIZADOS 89X38 L = 3.00 m	pza	34.66	10.50	363.93
CERRADURA PARA PUERTA PRINCIPAL 3 GOLPES	und	1.00	100.00	100.00
CAJA RECTANGULAR GALVANIZADA 100x55x50 mm	und	6.00	5.90	35.40
INTERRUPTOR DOBLE	pza	1.00	15.00	15.00
CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO NH-80 DE 4 mm2	m	43.37	2.75	119.27
ROLLIZO DE EUCALIPTO DE 3" X 2.80 M	pza	160.00	28.00	4,480.00
TELA ARPILLERA	m²	320.00	2.00	640.00
CINTA DE SEGURIDAD	rll	3.64	45.00	163.80
CONO DE SEGURIDAD	und	6.00	40.00	240.00
TRANQUERA TIPO BARANDA 2.40X1.20 m PARA SEÑALIZACIÓN Y PROTEC	und	10.00	75.00	750.00
CODO PVC SAP Ø4"x90°	und	4.00	8.50	34.00
CABLE DE COBRE DESNUDO DE 6 mm2	m	13.80	4.50	62.10
URINARIO PICO BLANCO INC. ACCESORIOS	und	1.00	220.00	220.00
TEE PVC SP 90º x 1/2"	und	4.40	2.50	11.00
CODO PVC SAL 90º x 4"	und	2.20	9.50	20.90

RESUMEN PRESUPUESTO ANALÍTICO - COSTO DIRECTO

UNIDAD GEST. : LABORATORIO DE HIDRAULICA
PROYECTO : TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

MONITOREO AMBIENTAL	mes	1.00	750.00	750.00
TRANSPORTE DE MATERIAL DESMONTADO	glb	1.00	2000.00	2,000.00
PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA CONCRETO	und	60.00	50.00	3,000.00
PLANCHA DE ACERO LAC 6mm x1.20m x2.40m (1/4")	pln	0.20	665.00	130.61
TUBO DE FºGº Ø=2", e=2mm, L=6m	und	10.31	88.00	907.37
TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE CON TOMA TIERRA	und	5.00	21.50	107.50
CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO N2XH DE 1X4 mm2	m	99.35	3.90	387.45
INTERRUPTOR DIFERENCIAL 2x25A	und	1.00	184.00	184.00
GIGANTOGRAFÍA 3.60x2.40m INC. MARCO DE REFUERZO Y ACCESORIOS	und	1.00	300.00	300.00
TRIPLAY DE 6 MM PARA ENCOFRADO	pln	2.00	45.00	90.00
MADERA CORRIENTE (3"X3")	p²	130.00	4.60	598.00
PLANCHA GALVANIZADA DE 4' X 8' E=1/32"	pln	2.80	100.00	280.00
PLANCHA DE ACERO LAC 8mm x1.20m x2.40m (5/16")	pln	3.50	797.00	2,789.50
PLATINA DE FIERRO 3/16" x 2" x 6m	pza	64.23	56.50	3,628.77
PLANCHA GALVANIZADA DE 1/16"	m²	62.53	166.00	10,379.98
TEE PVC SP 90º x 3/4"	und	8.80	5.50	48.40
CODO DE VENTILACIÓN PVC SAL 4" x 2"	und	4.40	13.00	57.20
PLACA RECORDATORIA	und	1.00	800.00	800.00
PRUEBA DE DENSIDAD DE CAMPO	und	24.00	60.00	1,440.00
CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA	und	8.00	500.00	4,000.00
CABLE DE ACERO INOXIDABLE TIPO RETENIDA Ø1/2" (CABLE TENSOR)	m	351.73	5.00	1,758.65
PLATINA DE FIERRO 1/8" x 1 1/4" x 6m	pza	0.60	25.00	15.04
TIRAFONES DE 1/4" X 1 1/2"	pza	32.00	2.30	73.60
TEE PVC SP 90º x 1"	und	1.10	10.50	11.55
TEE SANITARIA PVC SAL 2"	und	3.30	5.60	18.48
ENSAYO A COMPRESIÓN DE TESTIGOS	und	2.00	350.00	700.00
ASFALTO RC-250	gln	18.52	23.00	425.95
BARNIZ MARINO	gln	0.44	40.00	17.58
LACA TRANSPARENTE CRISTAL	gln	0.53	35.00	18.46
GANCHO SIMPLE DE ACERO P/ANCLAJE (CABLE TENSOR)	und	42.00	5.00	210.00
GUARDACABO PARA CABLE DE 1/2"	und	84.00	4.00	336.00
TENSOR DE CABLE DE ACERO INOXIDABLE GALV.	und	42.00	6.00	252.00
PERNO HEXAGONAL DE 5/8"x2" (INCLUIDO ARANDELA Y TUERCA)	und	84.00	2.50	210.00
ABRAZADERA DE FIERRO GALVANIZADO DE 1/2"	und	252.00	3.00	756.00
TUBERÍA PVC SAP 3/4" x 5m C-10	und	3.76	30.90	116.17
REDUCCIÓN PVC SP 3/4" A 1/2"	und	9.90	2.50	24.75
TEE SANITARIA PVC SAL 4" x 2"	und	1.10	12.50	13.75
PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA SOLDADURA	und	20.00	250.00	5,000.00
TUBERÍA PVC SAP 1" x 5m C-10	und	1.26	48.00	60.48
REDUCCIÓN PVC SP 1" A 3/4"	und	1.10	6.50	7.15
YEE PVC SAL 2"	und	2.20	9.00	19.80
PRUEBAS ELÉCTRICAS	und	1.00	1000.00	1,000.00
YEE PVC SAL 4"	und	4.40	25.90	113.96
YEE PVC SAL 4" x 2"	und	5.50	13.00	71.50
TRAMPA P PVC 2"	und	4.40	13.90	61.16
REGISTRO ROSCADO DE BRONCE DE 4"	und	2.00	24.90	49.80
SUMIDERO CROMADO DE 2"	und	2.00	11.90	23.80
SOMBRERO DE VENTILACIÓN PVC SAL DE 2"	und	2.00	10.00	20.00
LUMINARIA FLUORESCENTE LINEAL 2X40WATT	und	20.00	80.00	1,600.00
LUMINARIA HERMETICA PARA ADOSAR CON 2 CAMPANAS LET DE 16 WAT	und	2.00	95.00	190.00
TOTAL				**386,500.05**

2.6.2 3.2 5 COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (HERRAMIENTAS) S/. 6,007.97

HERRAMIENTAS

DESCRIPCION	UNI	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	3.0425	394938.26	6007.97
TOTAL				**6,007.97**

2.6.2 3.2 5 COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - SERVICIOS S/. 1,516,950.64

01 OTROS SERVICIOS PERSONAS JURIDICAS Y NATURALES S/. 30,973.44

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P.U.	SUB TOTAL
MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	77.36	20.00	1,547.18
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	57.15	14.50	828.71
EQUIPO DE SOLDAR	hm	866.56	12.00	10,398.74

RESUMEN PRESUPUESTO ANALÍTICO - COSTO DIRECTO

UNIDAD GEST. : **LABORATORIO DE HIDRAULICA**
PROYECTO : **TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"**

GRÚA SOBRE CAMIÓN 12m	hm	6.33	180.00	1,139.93
COMPRESORA DE AIRE	hm	68.16	5.50	374.87
ESTACIÓN TOTAL INC/PRISMAS	hm	0.49	17.50	8.52
NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	0.48	6.50	3.14
MOTOBOMBA 5 HP DE 2" INCLUYE MANGUERA	hm	4.00	15.00	60.00
TRACTOR DE ORUGAS	hm	11.54	230.00	2,655.00
Andamio metálico	hm	139.50	1.00	139.50
Andamio metálico	dia	110.19	8.00	881.55
COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA DE 4 HP	hm	39.89	15.50	618.23
Sierra Circular	hm	3.35	8.50	28.52
CEPILLADORA ELECTRICA	hm	3.35	12.70	42.59
TECLE DE 2 TON.	hm	22.66	5.00	113.31
EQUIPO DE PRUEBA HIDRÁULICA	hm	0.57	15.00	8.50
CAMIÓN VOLQUETE 6 M3	hm	40.83	152.50	6,226.96
RODILLO VIBRATORIO 7 - 9 TN	hm	4.29	130.00	558.00
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP 2.5 YD3.	hm	22.04	157.50	3,471.58
CAMIÓN CISTERNA 4x2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	2.15	100.00	214.50
AMOLADORA	dia	73.12	20.00	1,462.44
COMPACTADOR TIPO CANGURO	hm	8.82	15.50	136.72
ZARANDA	hm	4.32	3.00	12.95
TALADRO DE MANO	he	28.00	1.50	42.00
TOTAL				**30,973.44**

2.6.2 3.2 6 SUBCONTRATOS **S/.** **1,485,977.20**

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P.U.	SUB TOTAL
Plan de monitoreo Arqueologico	gbl	1.00	12,000.00	12,000.00
SC PUERTA METÁLICA DE 2.49x2.85 m INC. PINTURA ANTICORROSIVA Y C	und	2.00	2,838.60	5,677.20
SC SUMINISTRO E INSTALACION DE GRUA DE 5 TONELADAS	und	1.00	120,000.00	120,000.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE BALCON METALICO	m	63.00	1,500.00	94,500.00
SC SUMINISTRO E INSTALACION DE CRIDRIO INC ESTRUCTURA	m²	350.00	450.00	157,500.00
SC INSTALACIONES ELECTRONICAS PARA EQUIPOS HIDROMETRICOS	und	60.00	355.00	21,300.00
SC EQUIPAMIENTO OFICINA DE JEFE DE LABORATORIO	und	1.00	15,000.00	15,000.00
SC EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE JEFE DE INVESTIGACION	und	1.00	15,000.00	15,000.00
SC EQUIPAMIENTO OFICINA DE INVESTIGACION - ALUMNOS	und	1.00	15,000.00	15,000.00
SC EQUIPAMIENTO DE TALLER DE METALES	und	1.00	15,000.00	15,000.00
SC EQUIPAMIENTO DE TALLER DE ELECTRONICA	und	1.00	15,000.00	15,000.00
EQUIPAMIENTO DE HALL - RECEPCION	und	1.00	15,000.00	15,000.00
SC SUMINISTRO E INSTALACION DE EQUIPOS HIDROMETRICOS	und	60.00	12,000.00	720,000.00
SC FABRICACION E INSTALACION DE MODELOS HIDRAULICOS A ESCALA	und	4.00	45,000.00	180,000.00
SC MOTORES Y EQUIPAMIENTO CUARTO DE MAQUINAS	und	1.00	85,000.00	85,000.00
TOTAL				**1,485,977.20**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

RESUMEN PRESUPUESTO ANALÍTICO - GASTOS GENERALES

UNIDAD GEST. : **LABORATORIO DE HIDRAULICA**

OBRA : **TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"**

CÓDIGO	ESPECIFICA DE GASTOS	C.DIRECTO
2.6.2 3.2 4	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - PERSONAL	199,700.00
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (VESTUARIO)	38,640.00
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (COMBUSTIBLE, CARBURANTES Y L	
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (MAT. DE CONSTRUCCION)	
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (MOBILIARIOS)	
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (MATERIALES DE ESCRITORIO)	5,098.75
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (HERRAMIENTAS)	
2.6.2 3.2 6	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - SERVICIOS	150.00
TOTAL COSTO GASTOS GENERALES		**243,588.75**

DESAGREGADO DEL PRESUPUESTO ANALÍTICO
GASTOS GENERALES

2.6.2 3.2 4 COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - PERSONAL **S/. 199,700.00**

CONTRAPRESTACIONES PARA TRABAJADORES

DESCRIPCION	N° DE PERSONAS	MESES	P.U.	SUB TOTAL
RESIDENTE DE OBRA III	1.00	9.00	6,000.00	54,000.00
ARQUEOLOGO III	1.00	5.00	3,500.00	17,500.00
ASISTENTE TECNICO III	1.00	8.00	2,000.00	16,000.00
TOPOGRAFO III	1.00	5.00	3,000.00	15,000.00
ADMINISTRADOR DE OBRA (AA II)	1.00	5.00	2,000.00	10,000.00
INGENIERO DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL	1.00	8.00	3,500.00	28,000.00
MAESTRO DE OBRA II	1.00	8.00	2,500.00	20,000.00
ALMACENERO II	1.00	8.00	1,600.00	12,800.00
GUARDIAN Y/O VIGILANTE DE OBRA	1.00	8.00	1,300.00	10,400.00
CHOFER	1.00	8.00	2,000.00	16,000.00
TOTAL				**199,700.00**

2.6.2 3.2 5 COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (VESTURIO) **S/. 38,640.00**

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P.U.	SUB TOTAL
CASCOS DE PROTECCION TIPO KW COLORES	UND	5.00	72.00	360.00
LENTES DE SEGURIDAD	UND	5.00	38.00	190.00
CHALECOS DE SEGURIDAD	UND	5.00	42.00	210.00
PONCHOS PARA LLUVIA	UND	5.00	26.00	130.00
ZAPATOS PUNTA DE ACERO CATERPILLAR	PAR	5.00	350.00	1,750.00
ALQUILER DE CAMIONETA	MES	8.00	4,500.00	36,000.00
TOTAL				**38,640.00**

2.6.2 3.2 5 COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (MATERIALES DE ESCRITORIO) **S/. 5,098.75**

MATERIALES DE ESCRITORIO

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P.U.	SUB TOTAL
PAPEL A4	MILL	20.00	39.00	780.00
PERFORADOR	UND	2.00	17.00	34.00
EMGRAMPADOR	UND	2.00	15.00	30.00
ARCHIVADORES A4	UND	15.00	10.00	150.00
MARCADOR	UND	6.00	6.00	36.00
LAPICEROS COLOR NEGRO	UND	6.00	2.00	12.00
LAPICEROS COLOR AZUL PUNTA FINA	UND	24.00	2.00	48.00
RESALTADOR	UND	4.00	3.50	14.00
CINTA EMBALAJE	UND	5.00	8.00	40.00
SOBRE DE MANILA	EMPX50	0.50	13.00	6.50
FOLDER DE MANILA	EMPX50	3.00	48.00	144.00
REGLA 30 CENTIMETROS	UND	2.00	1.50	3.00
CORRECTOR	UND	5.00	4.00	20.00
PLUMONES AZUL, ROJO PARA PIZARRA ACRILICA	UND	5.00	4.00	20.00

RESUMEN PRESUPUESTO ANALÍTICO - GASTOS GENERALES

UNIDAD GEST. : **LABORATORIO DE HIDRAULICA**

OBRA : **TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"**

VINIFAN	UND	3.00	7.50	22.50
GRAPAS DE EMGRAMPADOR	CAJ	5.00	5.00	25.00
PAPEL LUSTRE COLOR CELESTE	UND	25.00	0.75	18.75
CUADERNO CUADRICULADO TAMAÑO A4 X 100 HO.	UND	3.00	7.50	22.50
LIBRETA DE CAMPO	UND	4.00	6.00	24.00
CUADERNO DE OBRA	UND	4.00	95.00	380.00
SELLOS	UND	6.00	15.00	90.00
TIJERAS	UND	2.00	5.00	10.00
FRANELA ROJA	MT		10.00	0.00
NOTAS ADHESIVAS 3" X 2" X100 HOJAS	Paquete	5.00	12.00	60.00
ESCALIMETRO	UND	2.00	9.00	18.00
PORTAMINAS	UND	10	12.50	125.00
MINAS PARA LAPIZ TIPO PORTAMINA DE 0.6	CAJA	5	1.80	9.00
BLOCK DE PARTES DIARIOS	PAQUETE	2.00	27.00	54.00
VINCARD	CTO	10.00	20.00	200.00
WINCHA DE 50 MT	UND	2.00	85.00	170.00
IMPRESORA	UND	1.00	1,100.00	1,100.00
TAMPON TIPO ALMOHADILLA PARA SELLOS COLOR	UND	2.00	5.50	11.00
PAPEL BOND DE COLORES	PAQUETE	1.00	34.50	34.50
FASTER PARA FOLDER MANILA	EMPX50	3.00	9.00	27.00
GASOLINA REGULAR	GAL	80.00	17.00	1,360.00
	TOTAL			**5,098.75**

2.6.2 3.2 6 COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - SERVICIOS **S/. 150.00**

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P.U.	SUB TOTAL
LEGALIZACION DE CUADERNO DE OBRA	UND	3.00	50.00	150.00
	TOTAL			**150.00**

COSTO GASTOS GENERALES TOTAL **S/. 243,588.75**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

RESUMEN PRESUPUESTO ANALÍTICO - GASTOS SUPERVISION

UNIDAD GEST. : LABORATORIO DE HIDRAULICA

OBRA

: TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

CÓDIGO	ESPECIFICA DE GASTOS	C.DIRECTO
2.6.2 3.2 4	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - PERSONAL	106,500.00
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (VESTUARIO)	37,470.00
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (COMBUSTIBLE, CARBURANTES Y	
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (MAT. DE CONSTRUCCION)	
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (MOBILIARIOS)	
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (MATERIALES DE ESCRITORIO)	1,945.50
2.6.2 3.2 5	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (HERRAMIENTAS)	
2.6.2 3.2 6	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - SERVICIOS	
2.6.8 1.3 1	ELABORACION DE EXPEDIENTES TECNICOS - PERSONAL	
TOTAL COSTO GASTOS SUPERVISION		**145,915.50**

DESAGREGADO DEL PRESUPUESTO ANALÍTICO
GASTOS SUPERVISION

2.6.2 3.2 4 COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - PERSONAL **S/. 106,500.00**

CONTRAPRESTACIONES PARA TRABAJADORES

CARGO	N° DE PERS.	MESES	COSTO	SUB TOTAL
INSPECTOR DE OBRA	1.00	9.00	6,500.00	58,500.00
ASISTENTE TECNICO	1.00	8.00	2,000.00	16,000.00
ASISTENTE ADMINISTRATIVO	1.00	8.00	2,000.00	16,000.00
CHOFER	1.00	8.00	2,000.00	16,000.00
TOTAL				106,500.00

2.6.2 3.2 5 COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (VESTUARIO) **S/. 37,470.00**

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P.U.	SUB TOTAL
CASCO DE SEGURIDAD C/BLANCO CON LOGO DE LA ENTIDAD	UND	3.00	72.00	216.00
GUANTES DE CUERO REFORZADO	PAR	3.00	42.00	126.00
PONCHOS PARA LLUVIA	UND	3.00	26.00	78.00
ZAPATOS PUNTA DE ACERO CATERPILLAR	PAR	3.00	350.00	1,050.00
ALQUILER DE CAMIONETA	MES	8.00	4,500.00	36,000.00
TOTAL				37,470.00

2.6.2 3.2 5 COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - BIENES (MATERIALES DE ESCRITORIO) **S/. 1,945.50**

MATERIALES DE ESCRITORIO

DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	P.U.	SUB TOTAL
CUADERNO CUADRICULADO TAMAÑO A4 X 100 HOJAS	UND	2.00	7.50	15.00
FOLDER MANILA	UND	10.00	0.90	9.00
ARCHIVADOR DE LOMO ANCHO PARA FORMATO A-4	UND	2.00	10.00	20.00
PAPEL BOND DE 80 GR A-4	MLL	2.00	39.00	78.00
SELLO DE OBRA	UND	1.00	15.00	15.00
PORTAMINAS	UND	1.00	8.00	8.00
MINAS DE LÁPIZ 0.5	UND	1.00	4.00	4.00
BORRADOR	CAJA	2.00	0.50	1.00
CINTA MASKINTEY 1/2"	RLLO	1.00	3.50	3.50
CINTA DE EMBALAJE	RLLO	1.00	6.00	6.00
REPUESTOS PARA PORTAMINAS	UNID	1.00	1.50	1.50
CLIPS PEQUEÑOS	CJA	2.00	4.00	8.00
RESALTADORES	UND	3.00	3.50	10.50
PERFORADOR	UND	1.00	17.00	17.00
TINTA PARA TAMPON	UND	1.00	3.00	3.00
WINCHA DE 8 M	UND	1.00	36.00	36.00
GRAPAS	CJA	1.00	5.00	5.00
GASOLINA REGULAR	GAL	80.00	17.00	1,360.00
TONER 85A PARA IMPRESORA.	UND	1.00	345.00	345.00
TOTAL				1,945.50

COSTO TOTAL GASTOS SUPERVISION **S/. 145,915.50**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

RESUMEN PRESUPUESTO ANALÍTICO - GASTOS LIQUIDACION

UNIDAD GEST. : LABORATORIO DE HIDRAULICA

OBRA

: TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

CÓDIGO	ESPECIFICA DE GASTOS	C.DIRECTO
2.6.2 3.2 6	COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - SERVICIOS	24,000.00
	TOTAL COSTO GASTOS DE LIQUIDACION	**24,000.00**

DESAGREGADO DEL PRESUPUESTO ANALÍTICO
GASTOS LIQUIDACION

2.6.2 3.2 6 COSTO DE CONSTRUCCION POR ADMINISTRACION DIRECTA - SERVICIOS **S/. 24,000.00**

CARGO	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	SUB TOTAL
CONSULTORIA PARA LA LIQUIDACION TECNICO - FINANCIERO	SERVICIO	1.00	24,000.00	24,000.00
TOTAL				24,000.00

COSTO GASTOS GENERALES TOTAL **S/. 24,000.00**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

RESUMEN PRESUPUESTO ANALÍTICO - GASTOS DE EXPEDIENTE TECNICO

UNIDAD GEST. : LABORATORIO DE HIDRAULICA

OBRA

: TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

CÓDIGO	ESPECIFICA DE GASTOS	C.DIRECTO
2.6.8 1.3 1	ELABORACION DE EXPEDIENTES TECNICOS	39,500.00
TOTAL COSTO GASTOS DE EXPEDIENTE TECNICO		**39,500.00**

DESAGREGADO DEL PRESUPUESTO ANALÍTICO
COSTO DE EXPEDIENTE TECNICO

2.6.8 1.3 1 ELABORACION DE EXPEDIENTES TECNICOS **S/. 39,500.00**

CARGO	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	SUB TOTAL
CONSULTORIA EN LA ELABORACION DE EXPEDIENTE TECNICO	1.00	SERVICIO	39,500.00	39,500.00
TOTAL				39,500.00

COSTO EXPEDIENTE TECNICO TOTAL **S/. 39,500.00**

ANEXO 09:
CRONOGRAMAS

CRONOGRAMA DE ADQUISICIONES DEL PROYECTO

PROYECTO : SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, 2024
PROPIETARIO : LABORATORIO DE HIDRAULICA
UBICACION : DPTO:CUSCO PROV:CUSCO DIST:CUSCO LOC:UNSAAC - PERAYOC
FECHA PROYECTO : 16/09/2024

Tipo	Descripcion	Unidad	Precio Unit.	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025		Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025		Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025		Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025		Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025		Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025		Total Cantidad	Total Parcial S/
				Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/		
MANO DE OBRA	OFICIAL	hh	20.87	86.2491	1,800.02	109.3010	2,281.11	297.2344	6,203.28	79.6690	1,662.69	98.6953	2,059.77	157.3221	3,283.31	828.4709	17,290.19
	OPERADOR DE MAQUINARIA	hh	27.58	41.6425	1,148.50											41.6425	1,148.50
	OPERARIO	hh	26.46	93.5732	2,475.95	223.6166	5,916.89	493.5693	13,059.84	702.5195	18,588.67	906.2787	23,980.13	120.0574	3,176.72	2,539.6146	67,198.20
	PEÓN	hh	18.90	532.0824	10,056.36	503.7240	9,520.38	468.6293	8,857.09	524.2443	9,908.22	835.7471	15,795.62	465.6071	8,799.97	3,330.0342	62,937.65
	SOLDADOR	hh	28.49							19.2106	547.31	214.1075	6,099.92	4.8017	136.80	238.1198	6,784.03
Total MANO DE OBRA					15,480.82		17,718.39		28,120.22		30,706.89		47,935.45		15,396.80		155,358.57
	ABRAZADERA DE FIERRO GALVANIZADO DE 1/2"	und	3.00									252.0000	756.00			252.0000	756.00
	ACEITE GPARA MAQUINARIA PESADA	gln	45.00	8.2222	370.00											8.2222	370.00
	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	6.60	217.8117	1,437.56	2,340.9997	15,450.60	3,068.0453	20,249.10	1,903.0311	12,560.01	148.7500	981.75			7,678.6378	50,679.01
	ACOMETIDA PARA ENERGÍA ELÉCTRICA	glb	800.00							1.0000	800.00					1.0000	800.00
	ACOPLE METÁLICO DE AMPLIO RANGO PARA TUBERÍA	und	190.00									3.0000	570.00			3.0000	570.00
	AGUA	m³	15.00	15.1913	227.87	41.3601	620.40	41.1546	617.32	79.1051	1,186.58	3.3704	50.56	0.0000	0.00	180.1814	2,702.72
	AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN	glb	1,000.00	1.0000	1,000.00											1.0000	1,000.00
	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg	6.30	12.2818	77.38	132.0030	831.62	187.4792	1,181.12	106.6163	671.68					438.3803	2,761.80
	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	6.30	9.6307	60.67	8.1352	51.25	65.7441	414.19	21.6082	136.13			0.0000	0.00	105.1183	662.25
	ALQUILER DE BAÑO PORTATIL	mes	500.00	8.0000	4,000.00											8.0000	4,000.00
	ALQUILER DE LOCAL PARA OFICINA DE RESIDENCIA Y ALMACÉN	mes	500.00	8.0000	4,000.00											8.0000	4,000.00
	ÁNGULO ALUMINIO 1 1/2"x1 1/2"x1/8" x6m.	pza	40.00					2.6064	104.26							2.6064	104.26
	ANILLO DE CERA	und	5.10							4.0000	20.40					4.0000	20.40
	ARENA FINA	m³	135.00			0.7953	107.36	0.8551	115.44	7.8578	1,060.81	0.7796	105.25	0.0000	0.00	10.2878	1,388.86
	ARENA GRUESA	m³	90.00	2.3162	208.46	21.9152	1,972.37	10.8928	980.35	10.6973	962.75	3.3108	297.97	0.0000	0.00	49.1323	4,421.91
	ARNÉS DE SEGURIDAD	und	279.00	4.0000	1,116.00											4.0000	1,116.00
	ASFALTO RC-250	gln	23.00					6.4260	147.80					0.0000	0.00	6.4260	147.80
	BALDOSA ACÚSTICA DE 0.60x1.20 m PARA CIELORASO (FIBRA MINERAL)	m²	30.00					14.9144	447.43							14.9144	447.43
	BARNIZ MARINO	gln	40.00					0.3450	13.80							0.3450	13.80
	BASE Y TAPA DE INODORO	und	21.00							4.0000	84.00					4.0000	84.00
	BENTONITA SÓDICA x 30 kg	sac	38.00									1.0000	38.00			1.0000	38.00
	BISAGRA ALUMINIZ.CAPUCHINA 4"x4"	und	29.60					4.0000	118.40							4.0000	118.40
	BOTAS DE JEBE	par	35.00	60.0000	2,100.00											60.0000	2,100.00
	BOTIQUÍN PARA LA OBRA	und	200.00	3.0000	600.00											3.0000	600.00
	CABLE DE ACERO INOXIDABLE TIPO RETENIDA Ø1/2" (CABLE TENSOR)	m	5.00									351.7290	1,758.65			351.7290	1,758.65
	CABLE DE COBRE DESNUDO DE 6 mm2	m	4.50									13.8011	62.10			13.8011	62.10
	CAJA DE REGISTRO PARA DESAGÜE DE 12"x24"	und	208.90									3.0000	626.70			3.0000	626.70
	CAJA DE REGISTRO PARA PUESTA A TIERRA	und	44.90									1.0000	44.90			1.0000	44.90
	CAJA OCTOGONAL GALVANIZADO 100x55 mm	und	5.35					4.0000	21.40	8.0000	42.80					12.0000	64.20
	CAJA RECTANGULAR GALVANIZADA 100x55x50 mm	und	5.90					6.0000	35.40							6.0000	35.40
	CAMILLA METÁLICA TIPO CANASTA DE RESCATE	und	350.00	2.0000	700.00											2.0000	700.00
	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA	und	500.00	6.8571	3,428.57	1.1429	571.43									8.0000	4,000.00
	CASCO DE PROTECCIÓN	und	20.00	60.0000	1,200.00											60.0000	1,200.00
	CEMENTO CONDUCTIVO X 25kg	sac	134.90									1.0000	134.90			1.0000	134.90

Tipo	Descripcion	Unidad	Precio Unit.	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025		Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025		Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025		Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025		Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025		Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025		Total Cantidad	Total Parcial S/
				Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/		
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	29.00	68.1619	1,976.70	373.1283	10,820.72	183.2806	5,315.14	167.8031	4,866.29	4.9983	144.95	0.0000	0.00	797.3722	23,123.79
	CERÁMICO DE ALTO TRÁNSITO DE 0.40x0.40 m	m²	40.00					17.0156	680.62							17.0156	680.62
	CERÁMICO PARA PARED DE 0.20x0.30 m	m²	36.40					3.1600	115.02							3.1600	115.02
	CERRADURA PARA PUERTA PRINCIPAL 3 GOLPES	und	100.00					1.0000	100.00							1.0000	100.00
	CHALECO REFLECTIVO	und	42.00	60.0000	2,520.00											60.0000	2,520.00
	CHARLAS DE SENSIBILIZACIÓN	mes	750.00											8.0000	6,000.00	8.0000	6,000.00
	CINTA AISLANTE ELECTRICA	und	7.90					4.8668	38.45			7.0625	55.79			11.9293	94.24
	CINTA DE SEGURIDAD	rll	45.00	2.6400	118.80											2.6400	118.80
	CINTA TEFLÓN	und	3.00							2.0250	6.08	9.2250	27.68			11.2500	33.75
	CLAVOS DE ACERO DE 3/4"	und	2.50					43.4400	108.60							43.4400	108.60
	CLAVOS PARA MADERA C/C 1"	kg	8.00					0.8790	7.03							0.8790	7.03
	CLAVOS PARA MADERA C/C 2"	kg	8.00					1.8195	14.56							1.8195	14.56
	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	8.00	24.6488	197.19	6.7140	53.71	52.5257	420.21	16.2708	130.17	0.0675	0.54	0.0000	0.00	100.2268	801.81
	COBERTURA DE ALUZINC 1.07m x 5.15m x 0.4mm	pln	150.00											178.0060	26,700.90	178.0060	26,700.90
	CODO DE VENTILACIÓN PVC SAL 4" x 2"	und	13.00									4.4000	57.20			4.4000	57.20
	CODO GALVANIZADO DE 90° x 1/2"	und	3.00							6.5000	19.50	6.5000	19.50			13.0000	39.00
	CODO PVC SAL 45° x 2"	und	2.50									1.1000	2.75			1.1000	2.75
	CODO PVC SAL 90° x 2"	und	2.50									33.6000	84.00			33.6000	84.00
	CODO PVC SAL 90° x 4"	und	9.50									2.2000	20.90			2.2000	20.90
	CODO PVC SAP Ø4"x45°	und	8.30											0.0000	0.00	0.0000	0.00
	CODO PVC SAP Ø4"x90°	und	8.50											0.0000	0.00	0.0000	0.00
	CODO PVC SP 90° x 1/2"	und	1.50									24.2000	36.30			24.2000	36.30
	CODO PVC SP 90° x 3/4"	und	4.00									12.1000	48.40			12.1000	48.40
	COLA SINTETICA P/CARPINTERIA	gln	50.00					2.1975	109.88							2.1975	109.88
	CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO N2XH DE 1X4 mm2	m	3.90					99.3462	387.45							99.3462	387.45
	CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO N2XH DE 1X6 mm2	m	4.20									274.7430	1,153.92			274.7430	1,153.92
	CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO NH-80 DE 2.5 mm2	m	1.90					23.2105	44.10							23.2105	44.10
	CONDUCTOR LIBRE DE HALÓGENO NH-80 DE 4 mm2	m	2.75					0.0000	0.00							0.0000	0.00
	CONDUCTOR VULCANIZADO NLT 1x4mm2	m	2.80									77.6160	217.32			77.6160	217.32
	CONECTOR Cu ANDERSON DE 25 mm2	und	17.90									1.0000	17.90			1.0000	17.90
	CONECTOR PVC SAP 1"	pza	12.90							24.0000	309.60					24.0000	309.60
	CONECTOR PVC SAP 3/4"	pza	0.80					22.0000	17.60							22.0000	17.60
	CONO DE SEGURIDAD	und	40.00	4.0000	160.00											4.0000	160.00
	CONTENEDORES HERMETICOS DE COLORES	und	180.00											4.0000	720.00	4.0000	720.00
	CORDEL PARA TRAZOS	m	3.00									0.6933	2.08			0.6933	2.08
	CURVA PVC SAP 1"	pza	3.70							8.0000	29.60					8.0000	29.60
	CURVA PVC SAP 3/4"	pza	2.60					50.0000	130.00							50.0000	130.00
	DESMONTAJE DE OBRAS PROVISIONALES	glb	2,000.00											1.0000	2,000.00	1.0000	2,000.00
	DISCO DE CORTE 12"	und	175.00							2.7340	478.45	4.2900	750.75			7.0240	1,229.20
	DISCO DE DESBASTE 7"	und	12.00							3.0140	36.17	5.8500	70.20			8.8640	106.37
	DISEÑO DE MEZCLAS	und	500.00											6.0000	3,000.00	6.0000	3,000.00
	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD	mes	1,500.00	8.0000	12,000.00											8.0000	12,000.00
	ENERGÍA ELÉCTRICA PROVISIONAL	glb	1,000.00	1.0000	1,000.00											1.0000	1,000.00
	ENSAYO A COMPRESIÓN DE TESTIGOS	und	350.00											2.0000	700.00	2.0000	700.00
	ESTACAS MADERA 2"X2"X1'	p²	2.80									5.2000	14.56			5.2000	14.56

Tipo	Descripcion	Unidad	Precio Unit.	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025		Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025		Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025		Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025		Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025		Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025		Total Cantidad	Total Parcial S/
				Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/		
	EXTINTOR DE POLVO QUÍMICO SECO (PQS)	und	218.00	5.0000	1,090.00											5.0000	1,090.00
	FLETE TERRESTRE CUSCO - ANANSAYA	glb	24,250.00	0.3000	7,275.00	0.2667	6,466.67	0.2889	7,005.56	0.1444	3,502.78					1.0000	24,250.00
	FORMADOR DE EMPAQUETADURA	Env	12.90							0.1310	1.69	0.1310	1.69			0.2620	3.38
	FRAGUA	kg	6.90					5.9646	41.16							5.9646	41.16
	FULMINANTE VERDE CALIBRE 22 RAMSET CW	und	0.35			69.3200	24.26									69.3200	24.26
	GANCHO SIMPLE DE ACERO P/ANCLAJE (CABLE TENSOR)	und	5.00									42.0000	210.00			42.0000	210.00
	GASOLINA 90 OCTANOS	gln	22.50	136.1736	3,063.90	9.4156	211.85	8.5145	191.58	3.6998	83.25			0.0000	0.00	157.8035	3,550.58
	GIGANTOGRAFÍA 3.60x2.40m INC. MARCO DE REFUERZO Y ACCESORIOS	und	300.00	1.0000	300.00											1.0000	300.00
	Grass sintetico de 7mm	m²	20.00									75.0000	1,500.00			75.0000	1,500.00
	GRIFO PARA LAVAMANOS CROMADO	und	160.00							4.0000	640.00					4.0000	640.00
	GUANTES DE CUERO	par	12.00	60.0000	720.00											60.0000	720.00
	GUANTES DE JEBE	par	12.00	60.0000	720.00											60.0000	720.00
	GUANTES DIELÉCTRICO	par	199.00	3.0000	597.00											3.0000	597.00
	GUARDACABO PARA CABLE DE 1/2"	und	4.00									84.0000	336.00			84.0000	336.00
	HIPOCLORITO DE CALCIO 70%	kg	65.00									0.0269	1.75			0.0269	1.75
	HORMIGÓN	m³	84.00	8.1774	686.90	3.7271	313.08	0.9420	79.13							12.8465	1,079.11
	IMPRIMANTE	gln	30.00					4.4580	133.74			24.9210	747.63			29.3790	881.37
	INODORO TANQUE BAJO	und	235.00							4.0000	940.00					4.0000	940.00
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL 2x25A	und	184.00					1.0000	184.00							1.0000	184.00
	INTERRUPTOR DOBLE	pza	15.00					1.0000	15.00							1.0000	15.00
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x16A	und	42.90					1.0000	42.90							1.0000	42.90
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A	und	42.90					2.0000	85.80			2.0000	85.80			4.0000	171.60
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x32A	und	35.00									3.0000	105.00			3.0000	105.00
	LACA TRANSPARENTE CRISTAL	gln	35.00					0.4140	14.49							0.4140	14.49
	LADRILLO KING KONG TIPO IV 9x13x24 cm	und	1.60			779.8200	1,247.71			7,997.0500	12,795.28					8,776.8700	14,042.99
	LAVATORIO DE LOSA NACIONAL COLOR C/PEDESTAL	und	125.00							4.0000	500.00					4.0000	500.00
	LENTES DE PROTECCIÓN	und	6.00	60.0000	360.00											60.0000	360.00
	LIJA DE FIERRO # 80	und	2.50							7.0780	17.70	21.2580	53.15			28.3360	70.84
	LIJA PARA MADERA	und	1.80					22.4273	40.37			19.3830	34.89			41.8103	75.26
	LUBRICANTE PARA MAQUINARIA PESADA	gln	32.00	0.1406	4.50											0.1406	4.50
	LUMINARIA FLUORESCENTE LINEAL 2X40WATT	und	80.00									20.0000	1,600.00			20.0000	1,600.00
	LUMINARIA HERMETICA PARA ADOSAR CON 2 CAMPANAS LET DE 16 WATT IP 65	und	95.00									2.0000	190.00			2.0000	190.00
MATERIALES	LUMINARIA HIGH BAY LED 1X150W	und	180.00									15.0000	2,700.00			15.0000	2,700.00
	MADERA AGUANO CEPILLADO	p²	9.50					310.9500	2,954.03							310.9500	2,954.03
	MADERA CORRIENTE (3"X3")	p²	4.60	130.0000	598.00											130.0000	598.00
	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO	p²	4.20	176.2176	740.11	168.9102	709.42	1,323.3732	5,558.17	287.1400	1,205.99			0.0000	0.00	1,955.6410	8,213.69
	MALLA OLÍMPICA DE 2"x2" - ALAMBRE Nº 10 - ROLLO 20m x 2m	rll	710.00							0.0000	0.00					0.0000	0.00
	MASILLA EPOXICA	und	13.50									36.0000	486.00			36.0000	486.00
	MONITOREO AMBIENTAL	mes	750.00											1.0000	750.00	1.0000	750.00
	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	est	4,956.00	1.0000	4,956.00											1.0000	4,956.00
	NEOPRENE PLANCHA	pln	15.00									14.0000	210.00			14.0000	210.00
	NIPLE DE Fº Gº DE 3/4" x 2"	und	4.90									12.0000	58.80			12.0000	58.80
	PARANTES GALVANIZADOS 89X38 L = 3.00 m	pza	10.50			34.6600	363.93									34.6600	363.93
	PEGAMENTO PARA LOSETAS Y CERÁMICAS x 25 kg	und	16.10					5.8139	93.60							5.8139	93.60

Tipo	Descripcion	Unidad	Precio Unit.	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025		Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025		Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025		Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025		Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025		Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025		Total Cantidad	Total Parcial S/
				Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/		
	PEGAMENTO PARA PVC	gln	160.00					0.1036	16.58	0.1792	28.68	2.4226	387.61	0.0000	0.00	2.7054	432.86
	PERFIL ANGULAR DE 1 1/2"x1 1/2"x3/16", L = 6m	und	80.00							0.0000	0.00					0.0000	0.00
	PERFIL TEE DE 1 1/2"x1 1/2"x3/16", L = 6m	und	100.00							0.0000	0.00					0.0000	0.00
	PERNO HEXAGONAL DE 5/8"x2" (INCLUIDO ARANDELA Y TUERCA)	und	2.50									84.0000	210.00			84.0000	210.00
	PERNOS DE SUJECIÓN PARA INODORO	par	2.00							4.0000	8.00					4.0000	8.00
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m³	80.00	2.5673	205.38	24.0681	1,925.45	13.5118	1,080.94	4.3395	347.16			0.0000	0.00	44.4867	3,558.94
	PIEDRA MEDIANA DE 6"	m³	75.00	0.4524	33.93			0.0000	0.00					21.4950	1,612.13	21.9474	1,646.06
	PINTURA ANTICORROSIVA	gln	87.50							1.9640	171.85	24.2367	2,120.71	0.2695	23.58	26.4702	2,316.14
	PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gln	57.00	1.2000	68.40					1.9640	111.95	24.2502	1,382.26	0.2716	15.48	27.6858	1,578.09
	PINTURA LATEX	gln	40.00					1.7435	69.74			11.2870	451.48			13.0305	521.22
	PINTURA LATEX SATINADO	gln	98.00					2.7145	266.02			13.6340	1,336.13			16.3485	1,602.15
	PLACA RECORDATORIA	und	800.00											0.0000	0.00	0.0000	0.00
	PLANCHA DE ACERO LAC 12.5mm x1.20m x2.40m (1/2")	pln	1,184.00									3.5000	4,144.00			3.5000	4,144.00
	PLANCHA DE ACERO LAC 6mm x1.20m x2.40m (1/4")	pln	665.00							0.1964	130.61					0.1964	130.61
	PLANCHA DE ACERO LAC 8mm x1.20m x2.40m (5/16")	pln	797.00									3.5000	2,789.50			3.5000	2,789.50
	PLANCHA DE SUPERBOARD 1.22 x 2.40 m	pln	87.80			6.1168	537.06									6.1168	537.06
	PLANCHA GALVANIZADA DE 1/16"	m²	166.00											0.0000	0.00	0.0000	0.00
	PLANCHA GALVANIZADA DE 4' X 8' E=1/32"	pln	100.00	2.8000	280.00											2.8000	280.00
	PLATINA DE FIERRO 1/8" x 1 1/4" x 6m	pza	25.00											0.0000	0.00	0.0000	0.00
	PLATINA DE FIERRO 3/16" x 2" x 6m	pza	56.50											0.0000	0.00	0.0000	0.00
	PRUEBA DE DENSIDAD DE CAMPO	und	60.00											24.0000	1,440.00	24.0000	1,440.00
	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA CONCRETO	und	50.00											60.0000	3,000.00	60.0000	3,000.00
	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA SOLDADURA	und	250.00											20.0000	5,000.00	20.0000	5,000.00
	PRUEBAS ELÉCTRICAS	und	1,000.00											1.0000	1,000.00	1.0000	1,000.00
	RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIA Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	glb	500.00	1.0000	500.00											1.0000	500.00
	REDUCCIÓN PVC SP 1" A 3/4"	und	6.50									1.1000	7.15			1.1000	7.15
	REDUCCIÓN PVC SP 3/4" A 1/2"	und	2.50									9.9000	24.75			9.9000	24.75
	REGISTRO ROSCADO DE BRONCE DE 4"	und	24.90									2.0000	49.80			2.0000	49.80
	REGLA DE MADERA	p²	6.00	0.9912	5.95			0.9912	5.95							1.9824	11.89
	RESPIRADOR CONTRA POLVO	und	60.00	60.0000	3,600.00											60.0000	3,600.00
	RIEL METÁLICO L = 3.00 m	pza	8.50			6.0757	51.64									6.0757	51.64
	RODOPLAST PARA BORDE DE MAYÓLICAS	m	4.10					6.9366	28.44							6.9366	28.44
	ROLLIZO DE EUCALIPTO DE 3" X 2.80 M	pza	28.00	160.0000	4,480.00											160.0000	4,480.00
	SAL INDUSTRIAL X 30 kg	sac	45.00									1.0000	45.00			1.0000	45.00
	SELLADOR PARA MUROS	gln	25.00					2.2468	56.17			12.5602	314.00			14.8070	370.18
	SOLDADURA CELLOCORD P 1/8"	kg	18.00							13.3200	239.76	279.9800	5,039.64	0.5400	9.72	293.8400	5,289.12
	SOMBRERO DE VENTILACIÓN PVC SAL DE 2"	und	10.00									2.0000	20.00			2.0000	20.00
	SUMIDERO CROMADO DE 2"	und	11.90									2.0000	23.80			2.0000	23.80
	TABLERO METÁLICO DE 12 POLOS	und	47.00									1.0000	47.00			1.0000	47.00
	TABLERO METÁLICO DE 8 POLOS	und	52.90					1.0000	52.90							1.0000	52.90
	TAPÓN DE OÍDO CON ESTUCHE	und	3.00	60.0000	180.00											60.0000	180.00
	TARUGO DE PVC 5/16" X 2½"	und	0.45					35.1600	15.82							35.1600	15.82
	TEE DE ALUMINIO 1"x 1"x1/8" x 6m.	pza	50.40					16.9422	853.89							16.9422	853.89
	TEE PVC SP 90° x 1"	und	10.50									1.1000	11.55			1.1000	11.55
	TEE PVC SP 90° x 1/2"	und	2.50									4.4000	11.00			4.4000	11.00

Tipo	Descripcion	Unidad	Precio Unit.	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025		Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025		Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025		Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025		Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025		Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025		Total Cantidad	Total Parcial S/
				Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/		
	TEE PVC SP 90º x 3/4"	und	5.50									8.8000	48.40			8.8000	48.40
	TEE SANITARIA PVC SAL 2"	und	5.60									3.3000	18.48			3.3000	18.48
	TEE SANITARIA PVC SAL 4" x 2"	und	12.50									1.1000	13.75			1.1000	13.75
	TELA ARPILLERA	m²	2.00	320.0000	640.00											320.0000	640.00
	TENSOR DE CABLE DE ACERO INOXIDABLE GALV.	und	6.00									42.0000	252.00			42.0000	252.00
	THINER	gln	26.50	1.2015	31.84			0.3463	9.18	1.9640	52.05	38.3200	1,015.48	0.3600	9.54	42.1918	1,118.08
	TIERRA NEGRA	m³	150.00									4.3750	656.25			4.3750	656.25
	TIRAFON DE 1/4" x 3"	und	2.00							8.0000	16.00					8.0000	16.00
	TIRAFONES DE 1/4" X 1 1/2"	pza	2.30											0.0000	0.00	0.0000	0.00
	TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE CON TOMA TIERRA	und	21.50					5.0000	107.50							5.0000	107.50
	TORNILLO AUTOPERFORANTE DE CABEZA HEXAGONAL Nº 10 x 3/4" CON ARANDELA DE NEOPRENE	und	2.25											890.0300	2,002.57	890.0300	2,002.57
	TORNILLO AUTORROSCANTE	und	0.15			69.3200	10.40									69.3200	10.40
	TORNILLO DE CABEZA HEXAGONAL DE 2 1/2"	und	1.00					35.1600	35.16							35.1600	35.16
	TRAMPA "P" CROMADA P/LAVADADERO 1 1/2"	und	29.00							4.0000	116.00					4.0000	116.00
	TRAMPA P PVC 2"	und	13.90									4.4000	61.16			4.4000	61.16
	TRANQUERA TIPO BARANDA 2.40X1.20 m PARA SEÑALIZACIÓN Y PROTECCIÓN	und	75.00	6.6667	500.00											6.6667	500.00
	TRANSPORTE DE MATERIAL DESMONTADO	glb	2,000.00											0.0000	0.00	0.0000	0.00
	TRIPLAY DE 6 MM PARA ENCOFRADO	pln	45.00	2.0000	90.00											2.0000	90.00
	TUBERÍA PVC SAP 1" x 5m C-10	und	48.00									1.2600	60.48			1.2600	60.48
	TUBERÍA PVC SAP 1/2" x 5m C-10	und	16.90							0.6500	10.99	4.2840	72.40			4.9340	83.39
	TUBERÍA PVC SAP 3/4" x 5m C-10	und	30.90									3.7596	116.17			3.7596	116.17
	TUBERÍA PVC SAP 4"x5m	pza	21.00									9.8000	205.80			9.8000	205.80
	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 100x100x2.5mm DE 6m	und	240.00									10.9200	2,620.80			10.9200	2,620.80
	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 200x200x6mm DE 6m	und	1,850.00							1.7500	3,237.50	5.2500	9,712.50			7.0000	12,950.00
	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 40x80x2mm DE 6m	und	125.00									1.5754	196.92	3.1507	393.84	4.7261	590.76
	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x100x2.5mm DE 6m	und	180.00									47.8900	8,620.20			47.8900	8,620.20
	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x100x2mm DE 6m	und	145.00									7.8065	1,131.95			7.8065	1,131.95
	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x100x3mm DE 6m	und	220.00									30.1700	6,637.40			30.1700	6,637.40
	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x50x2.5mm DE 6m	und	117.00									68.6000	8,026.20			68.6000	8,026.20
	TUBO ACERO LAC ASTM A500 Gr B DE 50x50x2mm DE 6m	und	99.00									18.5400	1,835.46			18.5400	1,835.46
	TUBO DE ABASTO 1/2" x 5/8" x 35 cm	und	12.30							8.0000	98.40					8.0000	98.40
	TUBO DE FºGº Ø=2", e=2mm, L=6m	und	88.00							10.3110	907.37					10.3110	907.37
	TUBO PVC SAL DE 2" x 3 m	und	20.00									4.9390	98.78			4.9390	98.78
	TUBO PVC SAL DE 4" x 3 m	und	45.00									28.4900	1,282.05			28.4900	1,282.05
	TUBO PVC SAP ELÉCTRICA 1"X3 m.	und	15.00							45.2288	678.43	15.0763	226.14			60.3050	904.58
	TUBO PVC SAP ELÉCTRICA 3/4"X3 m.	und	11.00					18.7600	206.36							18.7600	206.36
	UNIÓN SIMPLE PVC SAP (ELÉCTRICA) 1"	pza	1.50							6.8920	10.34	2.2973	3.45			9.1893	13.78
	UNIÓN SIMPLE PVC SAP (ELÉCTRICA) 3/4"	pza	1.10					2.9236	3.22							2.9236	3.22

Tipo	Descripcion	Unidad	Precio Unit.	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025		Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025		Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025		Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025		Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025		Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025		Total Cantidad	Total Parcial S/
				Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/		
	UNIÓN UNIVERSAL DE FºGº DE 3/4"	und	12.00									12.0000	144.00			12.0000	144.00
	URINARIO PICO BLANCO INC. ACCESORIOS	und	220.00							1.0000	220.00					1.0000	220.00
	VÁLVULA ESFÉRICA DE 3/4"	und	70.00									6.0000	420.00			6.0000	420.00
	VARILLA DE COBRE 3/4" X 2.40 m	und	297.50									1.0000	297.50			1.0000	297.50
	VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE	und	600.00											2.0000	1,200.00	2.0000	1,200.00
	VIDRIO LAMINADO DE 6 mm	p²	12.00					38.4200	461.04							38.4200	461.04
	YEE PVC SAL 2"	und	9.00									2.2000	19.80			2.2000	19.80
	YEE PVC SAL 4"	und	25.90									4.4000	113.96			4.4000	113.96
	YEE PVC SAL 4" x 2"	und	13.00									5.5000	71.50			5.5000	71.50
	YESO EN BOLSA DE 28 Kg	bol	13.00									0.6600	8.58			0.6600	8.58
	ZAPATOS DE SEGURIDAD PUNTA DE ACERO	par	80.00	60.0000	4,800.00											60.0000	4,800.00
Total MATERIALES					75,026.11		42,340.93		51,643.07		49,472.75		78,875.17		55,577.75		352,935.79
	AMOLADORA	dia	20.00							3.9280	78.56					3.9280	78.56
	ANDAMIO METÁLICO	dia	8.00			1.9256	15.40	3.8047	30.44	23.2491	185.99	11.3665	90.93			40.3458	322.77
		hm	1.00			8.3688	8.37			85.8220	85.82	45.3100	45.31			139.5008	139.50
	CAMIÓN CISTERNA 4x2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	100.00	2.1450	214.50											2.1450	214.50
	CAMIÓN VOLQUETE 6 M3	hm	152.50	22.1367	3,375.85	4.2958	655.11							14.4000	2,196.00	40.8325	6,226.96
	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP 2.5 YD3.	hm	157.50	20.6063	3,245.49	1.4355	226.09									22.0418	3,471.58
	CEPILLADORA ELECTRICA	hm	12.70					3.3538	42.59							3.3538	42.59
	COMPACTADOR TIPO CANGURO	hm	15.50	3.7158	57.59	5.1051	79.13									8.8209	136.72
	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA DE 4 HP	hm	15.50	12.7710	197.95	2.4404	37.83	1.2202	18.91			2.7616	42.80	19.1375	296.63	38.3307	594.13
	COMPRESORA DE AIRE	hm	5.50									65.7691	361.73	2.3891	13.14	68.1582	374.87
	EQUIPO DE PRUEBA HIDRÁULICA	hm	15.00									0.5667	8.50			0.5667	8.50
	EQUIPO DE SOLDAR	hm	12.00							34.9240	419.09	275.1307	3,301.57	2.4000	28.80	312.4547	3,749.46
EQUIPO	ESTACIÓN TOTAL INC/PRISMAS	hm	17.50									0.2823	4.94			0.2823	4.94
	GRÚA SOBRE CAMIÓN 12m	hm	180.00							0.8750	157.50	5.4579	982.43			6.3329	1,139.93
	Herramientas	%mo	197,469.13	0.0939	185.50							0.0406	80.25			0.1346	265.75
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	197,469.13	0.1779	351.35	0.2656	524.56	0.4221	833.61	0.4642	916.70	0.7043	1,390.83	0.2353	464.65	2.2696	4,481.70
	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	20.00	10.3421	206.84	34.4984	689.97	22.3597	447.19	5.2587	105.17			0.0000	0.00	72.4588	1,449.18
	MOTOBOMBA 5 HP DE 2" INCLUYE MANGUERA	hm	15.00									4.0000	60.00			4.0000	60.00
	NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	6.50									0.2800	1.82			0.2800	1.82
	RODILLO VIBRATORIO 7 - 9 TN	hm	130.00	4.2923	558.00											4.2923	558.00
	SIERRA CIRCULAR	hm	8.50					3.3547	28.52							3.3547	28.52
	TALADRO DE MANO	he	1.50									28.0000	42.00			28.0000	42.00
	TECLE DE 2 TON.	hm	5.00									22.6620	113.31			22.6620	113.31
	TRACTOR DE ORUGAS	hm	230.00	11.5435	2,655.00											11.5435	2,655.00
	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	14.50	2.9410	42.64	30.9832	449.26	17.9667	260.52	5.2618	76.30					57.1527	828.71
	ZARANDA	hm	3.00									2.7616	8.28			2.7616	8.28
Total EQUIPO					11,090.72		2,685.72		1,661.78		2,025.13		6,534.71		2,999.22		26,997.27

Tipo	Descripcion	Unidad	Precio Unit.	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025		Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025		Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025		Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025		Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025		Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025		Total Cantidad	Total Parcial S/
				Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/	Cantidad	Parcial S/		
SUB-CONTRATOS	EQUIPAMIENTO DE HALL - RECEPCION	und	15,000.00							1.0000	15,000.00					1.0000	15,000.00
	Plan de monitoreo Arqueologico	gbl	12,000.00											1.0000	12,000.00	1.0000	12,000.00
	SC EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE JEFE DE INVESTIGACION	und	15,000.00							1.0000	15,000.00					1.0000	15,000.00
	SC EQUIPAMIENTO DE TALLER DE ELECTRONICA	und	15,000.00							1.0000	15,000.00					1.0000	15,000.00
	SC EQUIPAMIENTO DE TALLER DE METALES	und	15,000.00							1.0000	15,000.00					1.0000	15,000.00
	SC EQUIPAMIENTO OFICINA DE INVESTIGACION - ALUMNOS	und	15,000.00							1.0000	15,000.00					1.0000	15,000.00
	SC EQUIPAMIENTO OFICINA DE JEFE DE LABORATORIO	und	15,000.00							1.0000	15,000.00					1.0000	15,000.00
	SC FABRICACION E INSTALACION DE MODELOS HIDRAULICOS A ESCALA	und	45,000.00			2.4000	108,000.00	1.6000	72,000.00							4.0000	180,000.00
	SC INSTALACIONES ELECTRONICAS PARA EQUIPOS HIDROMETRICOS	und	355.00					60.0000	21,300.00							60.0000	21,300.00
	SC MOTORES Y EQUIPAMIENTO CUARTO DE MAQUINAS	und	85,000.00					1.0000	85,000.00							1.0000	85,000.00
	SC PUERTA METÁLICA DE 2.49x2.85 m INC. PINTURA ANTICORROSIVA Y CERRAJERÍA	und	2,838.60							2.0000	5,677.20					2.0000	5,677.20
	SC SUMINISTRO E INSTALACION DE GRUA DE 5 TONELADAS	und	120,000.00											1.0000	120,000.00	1.0000	120,000.00
	SC SUMINISTRO E INSTALACION DE CRIDRIO INC ESTRUCTURA	m²	450.00									350.0000	157,500.00			350.0000	157,500.00
	SC SUMINISTRO E INSTALACION DE EQUIPOS HIDROMETRICOS	und	12,000.00							42.8571	514,285.71	17.1429	205,714.29			60.0000	720,000.00
	SUMINISTRO E INSTALACION DE BALCON METALICO	m	1,500.00											63.0000	94,500.00	63.0000	94,500.00
Total SUB-CONTRATOS							108,000.00		178,300.00		609,962.91		363,214.29		226,500.00		1,485,977.20
Total General					101,597.65		170,745.04		259,725.07		692,167.67		496,559.62		300,473.78		2,021,268.83

CRONOGRAMA VALORIZADO DEL PROYECTO

PROYECTO : SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, 2024
PROPIETARIO : LABORATORIO DE HIDRAULICA
UBICACION : DPTO:CUSCO PROV:CUSCO DIST:CUSCO LOC:UNSAAC - PERAYOC
FECHA PROYECTO : 16/09/2024

Item	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio	Parcial	**Mes 1** Del 1/01/2025 Al 31/01/2025	**Mes 2** Del 1/02/2025 Al 28/02/2025	**Mes 3** Del 1/03/2025 Al 31/03/2025	**Mes 4** Del 1/04/2025 Al 30/04/2025	**Mes 5** Del 1/05/2025 Al 31/05/2025	**Mes 6** Del 1/06/2025 Al 30/06/2025
1	**CREACION DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA EN LA FIC - UNSAAC**				**2,130,686.23**	**101,597.64**	**170,745.06**	**259,725.06**	**692,167.69**	**496,559.65**	**300,473.78**
1.1	**OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD**				**64,233.45**	**60,369.52**	**571.43**				
1.1.1	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				24,644.41	21,726.91					
1.1.1.1	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES				14,770.91	14,770.91					
1.1.1.1.1	ALQUILER DE LOCAL PARA OFICINA DE RESIDENCIA Y ALMACÉN	mes	8.00	500.00	4,000.00	4,000.00					
1.1.1.1.2	ALQUILER DE MÓDULO DE BAÑO PORTATIL TIPO DISAL O SIMILAR	mes	8.00	500.00	4,000.00	4,000.00					
1.1.1.1.3	CERCO DE PROTECCIÓN CON ARPILLERA	m	160.00	35.91	5,745.60	5,745.60					
1.1.1.1.4	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA DE 3.60x2.40 m	und	1.00	1,025.31	1,025.31	1,025.31					
1.1.1.2	INSTALACIONES PROVISIONALES				2,000.00	2,000.00					
1.1.1.2.1	AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN	glb	1.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00					
1.1.1.2.2	ENERGÍA ELÉCTRICA PROVISIONAL	glb	1.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00					
1.1.1.3	TRABAJOS PRELIMINARES				2,917.50						
1.1.1.3.1	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m²	750.00	3.89	2,917.50						
1.1.1.4	MOVILIZACIÓN DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				4,956.00	4,956.00					
1.1.1.4.1	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00	4,956.00	4,956.00	4,956.00					
1.1.2	SEGURIDAD Y SALUD				39,589.04	38,642.61	571.43				
1.1.2.1	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO				36,699.04	35,752.61	571.43				
1.1.2.1.1	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD	mes	8.00	1,500.00	12,000.00	12,000.00					
1.1.2.1.2	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	glb	1.00	17,913.00	17,913.00	17,913.00					
1.1.2.1.3	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00	1,125.00	1,125.00	750.00					
1.1.2.1.4	SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA PARA CONSTRUCCIÓN (1.20x0.80m)	und	8.00	207.63	1,661.04	1,661.04					
1.1.2.1.5	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA	glb	1.00	4,000.00	4,000.00	3,428.57	571.43				
1.1.2.2	PLAN DE CONTINGENCIA				2,890.00	2,890.00					
1.1.2.2.1	RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIA Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	glb	1.00	2,890.00	2,890.00	2,890.00					
1.2	**EMPLAZAMIENTO**				**17,192.50**	**17,192.50**					
1.2.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS				17,192.50	17,192.50					
1.2.1.1	EXCAVACION CON MAQUINARIA EN TERRENO SUELTO	m³	750.00	6.88	5,160.00	5,160.00					
1.2.1.2	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m³	150.00	11.62	1,743.00	1,743.00					

Item	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio	Parcial	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025	Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025	Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025	Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025	Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025	Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025
1.2.1.3	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30m	m³	650.00	5.91	3,841.50	3,841.50					
1.2.1.4	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D<5 Km)	m³	650.00	9.92	6,448.00	6,448.00					
1.3	**ESTRUCTURAS**				**484,623.06**	**7,050.34**	**41,165.52**	**56,808.79**	**30,189.55**	**95,761.37**	**253,647.49**
1.3.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS				8,579.89	5,658.41	2,921.48				
1.3.1.1	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	83.12	51.91	4,314.76	4,314.76					
1.3.1.2	RELLENO CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO	m³	34.94	32.92	1,150.22	1,150.22					
1.3.1.3	PERFILADO Y COMPACTADO DE ZANJA	m²	57.34	10.12	580.28	193.43	386.85				
1.3.1.4	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30m	m³	62.63	25.96	1,625.87		1,625.87				
1.3.1.5	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D<5 KM)	m³	62.63	14.51	908.76		908.76				
1.3.2	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				2,973.08	1,391.93	1,581.15				
1.3.2.1	SOLADOS				2,973.08	1,391.93	1,581.15				
1.3.2.1.1	SOLADO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:12 DE 4"	m²	57.34	48.55	2,783.86	1,391.93	1,391.93				
1.3.2.1.2	CURADO DE CONCRETO	m²	57.34	3.30	189.22		189.22				
1.3.3	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				119,574.07		36,662.89	56,808.79	26,102.39		
1.3.3.1	ZAPATAS				11,169.66		11,169.66				
1.3.3.1.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA ZAPATAS	m³	14.32	535.18	7,663.78		7,663.78				
1.3.3.1.2	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN ZAPATAS	kg	379.37	8.93	3,387.77		3,387.77				
1.3.3.1.3	CURADO DE CONCRETO	m²	35.79	3.30	118.11		118.11				
1.3.3.2	VIGAS DE CONEXIÓN				19,570.42		19,539.95	30.47			
1.3.3.2.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS DE CONEXIÓN	m³	13.85	570.94	7,907.52		7,907.52				
1.3.3.2.2	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONEXIÓN	m³	1,295.80	8.93	11,571.49		11,571.49				
1.3.3.2.3	CURADO DE CONCRETO	m²	27.70	3.30	91.41		60.94	30.47			
1.3.3.3	COLUMNAS				39,797.58		5,953.28	33,844.30			
1.3.3.3.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA COLUMNAS	m³	14.15	631.09	8,929.92		5,953.28	2,976.64			
1.3.3.3.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	m²	123.51	64.74	7,996.04			7,996.04			
1.3.3.3.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNAS	kg	2,515.57	8.93	22,464.04			22,464.04			
1.3.3.3.4	CURADO DE CONCRETO	m²	123.51	3.30	407.58			407.58			
1.3.3.4	VIGAS				31,307.40			22,934.02	8,373.38		
1.3.3.4.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS	m³	13.25	631.09	8,361.94			8,361.94			
1.3.3.4.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	m²	127.07	89.90	11,423.59			11,423.59			
1.3.3.4.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS	kg	1,234.01	8.93	11,019.71			3,148.49	7,871.22		
1.3.3.4.4	CURADO DE CONCRETO	m²	152.17	3.30	502.16				502.16		
1.3.3.5	COLUMNETAS DE MONTANTES DE AGUAS PLUVIALES				1,400.70				1,400.70		
1.3.3.5.1	CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	m³	0.53	536.63	284.41				284.41		
1.3.3.5.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	m²	7.92	64.74	512.74				512.74		
1.3.3.5.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	kg	64.66	8.93	577.41				577.41		
1.3.3.5.4	CURADO DE CONCRETO	m²	7.92	3.30	26.14				26.14		

Item	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio	Parcial	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025	Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025	Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025	Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025	Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025	Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025
1.3.3.6	COLUMNAS DE CONFINAMIENTO PARA ALBAÑILERÍA				10,003.07				10,003.07		
1.3.3.6.1	CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA COLUMNAS DE CONFINAMIENTO	m³	5.20	536.63	2,790.48				2,790.48		
1.3.3.6.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO	m²	40.92	64.74	2,649.16				2,649.16		
1.3.3.6.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO	kg	495.90	8.93	4,428.39				4,428.39		
1.3.3.6.4	CURADO DE CONCRETO	m²	40.92	3.30	135.04				135.04		
1.3.3.7	VIGAS DE CONFINAMIENTO PARA ALBAÑILERÍA				6,325.24				6,325.24		
1.3.3.7.1	CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA VIGAS DE CONFINAMIENTO	m³	2.16	536.63	1,159.12				1,159.12		
1.3.3.7.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS DE CONFINAMIENTO	m²	33.20	64.73	2,149.04				2,149.04		
1.3.3.7.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONFINAMIENTO	kg	325.59	8.93	2,907.52				2,907.52		
1.3.3.7.4	CURADO DE CONCRETO	m²	33.20	3.30	109.56				109.56		
1.3.4	ESTRUCTURA METALICA				353,496.02				4,087.16	95,761.37	253,647.49
1.3.4.1	COLUMNAS METÁLICAS				22,534.12				4,087.16	18,446.96	
1.3.4.1.1	COLUMNA DE TUBO METÁLICO RECTANGULAR DE 200x200mm e=6mm	und	14.00	1,167.76	16,348.64				4,087.16	12,261.48	
1.3.4.1.2	APOYO ESTRUCTURA METÁLICA	und	14.00	441.82	6,185.48					6,185.48	
1.3.4.2	VIGAS METÁLICAS				6,677.43					6,677.43	
1.3.4.2.1	VIGAS DE PERFIL TUBULAR CUADRADO 100x100mm e=2.5 mm (INCLUYE PINTURA)	m	62.40	71.13	4,438.51					4,438.51	
1.3.4.2.2	VIGAS DE PERFIL TUBULAR RECTANGULAR 50x100mm e=2 mm (INCLUYE PINTURA)	m	44.60	50.20	2,238.92					2,238.92	
1.3.4.3	TIJERALES METÁLICOS				61,726.00					61,726.00	
1.3.4.3.1	ARMADURA DE ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES	und	7.00	5,389.68	37,727.76					37,727.76	
1.3.4.3.2	IZADO Y MONTAJE ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES	und	7.00	493.59	3,455.13					3,455.13	
1.3.4.3.3	PINTURA ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES	und	7.00	523.90	3,667.30					3,667.30	
1.3.4.3.4	ARMADO DE UNIÓN CERCHA - COLUMNA CON CARTELA	und	14.00	402.31	5,632.34					5,632.34	
1.3.4.3.5	SUMINISTRO Y COLOCADO DE CABLE TENSOR DE Ø1/2"	m	334.98	8.99	3,011.47					3,011.47	
1.3.4.3.6	SUMINISTRO Y COLOCADO DE ANCLAJE P/CABLE TENSOR DE Ø1/2"	jgo	42.00	196.00	8,232.00					8,232.00	
1.3.4.4	CERCHA METÁLICA (VIGA A)				8,490.68					8,490.68	
1.3.4.4.1	ARMADURA DE CERCHA METÁLICA VIGA A	und	2.00	3,364.49	6,728.98					6,728.98	
1.3.4.4.2	IZADO Y MONTAJE CERCHA METÁLICA VIGA A	und	2.00	371.11	742.22					742.22	
1.3.4.4.3	PINTURA CERCHA METÁLICA VIGA A	und	2.00	509.74	1,019.48					1,019.48	
1.3.4.5	CORREAS				1,260.90					420.30	840.60
1.3.4.5.1	CORREAS DE 40x80mm e=2 mm (INCLUYE PINTURA)	m	27.00	46.70	1,260.90					420.30	840.60
1.3.4.6	COBERTURAS				38,306.89						38,306.89
1.3.4.6.1	COBERTURA DE ALUZINC 1.07m x 5.0m x 0.4mm	m²	890.03	43.04	38,306.89						38,306.89
1.3.4.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE GRUA DE 5 TONELADAS				120,000.00						120,000.00

Item	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio	Parcial	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025	Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025	Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025	Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025	Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025	Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025
1.3.4.7.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE GRUA DE 5 TONELADAS	und	1.00	120,000.00	120,000.00						120,000.00
1.3.4.8	SUMINISTRO E INSTALACION DE BALCON METALICO				94,500.00						94,500.00
1.3.4.8.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE BALCON METALICO	m	63.00	1,500.00	94,500.00						94,500.00
1.4	**ARQUITECTURA**				**306,414.64**				**47,823.03**	**170,054.03**	**5,352.26**
1.4.1	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERÍA				22,908.62				22,908.62		
1.4.1.1	MURO SOGA DE LADRILLO KING KONG C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5	m²	195.05	117.45	22,908.62				22,908.62		
1.4.2	REVOQUES Y REVESTIMIENTOS				16,192.84				14,858.86	1,333.98	
1.4.2.1	TARRAJEO EN MUROS, INTERIOR Y EXTERIOR C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	427.42	31.85	13,613.33				13,613.33		
1.4.2.2	TARRAJEO DE SUPERFICE DE COLUMNAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	33.80	36.85	1,245.53				1,245.53		
1.4.2.3	TARRAJEO DE SUPERFICE DE VIGAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	33.20	40.18	1,333.98					1,333.98	
1.4.3	PISOS Y PAVIMENTOS				10,454.25						5,352.26
1.4.3.1	VEREDAS				10,454.25						5,352.26
1.4.3.1.1	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL	m²	143.30	10.12	1,450.20						1,450.20
1.4.3.1.2	EMPEDRADO DE VEREDAS	m²	143.30	27.23	3,902.06						3,902.06
1.4.3.1.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VEREDAS	m²	8.98	55.55	498.84						
1.4.3.1.4	VEREDA DE CONCRETO f'c=175 kg/cm2 e=0.10 m INC. BRUÑAS	m²	49.00	71.44	3,500.56						
1.4.3.1.5	JUNTAS ASFÁLTICAS	m	90.90	8.67	788.10						
1.4.3.1.6	CURADO DE CONCRETO	m²	95.30	3.30	314.49						
1.4.4	CARPINTERÍA METÁLICA Y HERRERÍA				88,138.88				10,055.55		
1.4.4.1	PUERTA METÁLICA DE INGRESO DE 2.49x2.85 m INC. PINTURA ANTICORROSIVA Y CERRADURA	und	2.00	2,838.60	5,677.20				5,677.20		
1.4.4.2	CERCO CON MALLA OLÍMPICA GALVANIZADA DE 2"x2", Nº 10, ANGULAR DE 1 1/2"x1 1/2"x3/16"	m²	415.58	187.89	78,083.33						
1.4.4.3	POSTES PARA MALLA OLÍMPICA CON TUBO DE FºGº Ø=2" DE e=2mm	und	19.64	222.93	4,378.35				4,378.35		
1.4.5	VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES				157,500.00					157,500.00	
1.4.5.1	VIDRIO NACIONAL DOBLE APRA FACHADA	m²	350.00	450.00	157,500.00					157,500.00	
1.4.6	PINTURA				7,752.05					7,752.05	
1.4.6.1	PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES 2 MANOS	m²	189.87	13.64	2,589.83					2,589.83	
1.4.6.2	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES 2 MANOS	m²	237.55	17.15	4,073.98					4,073.98	
1.4.6.3	PINTURA LATEX INTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS	m²	35.87	13.64	489.27					489.27	
1.4.6.4	PINTURA LATEX EXTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS	m²	35.13	17.05	598.97					598.97	
1.4.7	VARIOS, LIMPIEZA Y JARDINERIA				3,468.00					3,468.00	
1.4.7.1	SEMBRIO DE GRASS				3,468.00					3,468.00	
1.4.7.1.1	CORTE SUPERFICIAL MANUAL E=20CM	m²	75.00	13.49	1,011.75					1,011.75	
1.4.7.1.2	SEMBRIO DE GRASS INC ARBOLES	m²	75.00	32.75	2,456.25					2,456.25	
1.5	**INSTALACIONES ELÉCTRICAS**				**13,578.51**				**2,583.26**	**10,995.25**	

Item	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio	Parcial	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025	Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025	Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025	Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025	Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025	Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025
1.5.1	CONEXIÓN A LA RED EXTERNA DE MEDIDORES				800.00				800.00		
1.5.1.1	ACOMETIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN INC. PAGO A CONCESIONARIA	glb	1.00	800.00	800.00				800.00		
1.5.2	SALIDAS PARA ALUMBRADO, TOMACORRIENTES Y FUERZA				5,117.88				1,783.26	3,334.62	
1.5.2.1	SALIDAS				806.32				806.32		
1.5.2.1.1	SALIDA DE TECHO PARA REFLECTOR	pto	8.00	40.69	325.52				325.52		
1.5.2.1.2	CAJA DE PASO OCTOGONAL DE FºGº DE 100x55mm	und	8.00	60.10	480.80				480.80		
1.5.2.2	CANALIZACIONES, CONDUCTOS O TUBERÍAS				1,302.59				976.94	325.65	
1.5.2.2.1	TUBERÍA PVC-P PESADO DE 25 mm	m	172.30	7.56	1,302.59				976.94	325.65	
1.5.2.3	CONDUCTORES Y CABLES DE ENERGÍA EN TUBERÍAS				2,487.12					2,487.12	
1.5.2.3.1	CONDUCTOR N2XH DE 6 mm2	m	261.66	7.54	1,972.92					1,972.92	
1.5.2.3.2	CONDUCTOR VULCANIZADO NLT DE 4 mm2	m	73.92	5.56	411.00					411.00	
1.5.2.3.3	CABLE DE COBRE DESNUDO DE 6mm2	m	13.13	7.86	103.20					103.20	
1.5.2.4	TABLEROS PRINCIPALES				214.25					214.25	
1.5.2.4.1	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CAJA METÁLICA DE 12 POLOS	und	1.00	214.25	214.25					214.25	
1.5.2.5	DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN				307.60					307.60	
1.5.2.5.1	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x32A	und	3.00	58.36	175.08					175.08	
1.5.2.5.2	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A	und	2.00	66.26	132.52					132.52	
1.5.3	INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA				2,075.80					2,075.80	
1.5.3.1	EXCAVACIÓN DE HOYO PARA POZO DE PUESTA A TIERRA	m³	3.00	62.29	186.87					186.87	
1.5.3.2	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	und	1.00	1,888.93	1,888.93					1,888.93	
1.5.4	ARTEFACTOS - LUMINARIAS				5,584.83					5,584.83	
1.5.4.1	LUMINARIA HIGH BAY LED 1X150W	und	15.00	209.59	3,143.85					3,143.85	
1.5.4.2	LUMINARIA FLUORESCENTE LINEAL 2X40WATT	und	20.00	109.59	2,191.80					2,191.80	
1.5.4.3	LUMINARIA HERMETICA PARA ADOSAR CON 2 CAMPANAS LET DE 16 WATT IP 65	und	2.00	124.59	249.18					249.18	
1.6	**INSTALACIONES SANITARIAS**				**36,182.66**				**3,783.36**	**14,034.71**	
1.6.1	APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS				3,134.59				3,134.59		
1.6.1.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE APARATOS SANITARIOS				3,134.59				3,134.59		
1.6.1.1.1	INODORO TANQUE BAJO INC. INSTALACIÓN	und	4.00	329.91	1,319.64				1,319.64		
1.6.1.1.2	LAVATORIO DE LOSA COLOR NACIONAL C/PEDESTAL INC. INSTALACIÓN	und	4.00	385.11	1,540.44				1,540.44		
1.6.1.1.3	URINARIO TIPO PICO BLANCO INC. INSTALACIÓN	und	1.00	274.51	274.51				274.51		
1.6.2	SISTEMA DE AGUA FRÍA				5,492.89				648.77	4,844.13	
1.6.2.1	SALIDAS DE AGUA FRÍA				1,297.53				648.77	648.77	
1.6.2.1.1	SALIDAS DE AGUA FRÍA CON TUBERÍA PVC-SAP DE 1/2"	pto	13.00	99.81	1,297.53				648.77	648.77	
1.6.2.2	REDES DE DISTRIBUCIÓN				887.80					887.80	
1.6.2.2.1	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS	m	1.00	1.64	1.64					1.64	
1.6.2.2.2	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	1.92	51.91	99.67					99.67	
1.6.2.2.3	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO	m	16.04	5.19	83.25					83.25	
1.6.2.2.4	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m	m²	6.42	11.71	75.18					75.18	

Item	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio	Parcial	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025	Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025	Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025	Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025	Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025	Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025
1.6.2.2.5	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL	m³	1.92	40.31	77.40					77.40	
1.6.2.2.6	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 1/2"	m	17.30	20.24	350.15					350.15	
1.6.2.2.7	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 3/4"	m	8.65	23.18	200.51					200.51	
1.6.2.3	REDES DE ALIMENTACIÓN				574.11					574.11	
1.6.2.3.1	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS	m	8.80	1.64	14.43					14.43	
1.6.2.3.2	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	1.06	51.91	55.02					55.02	
1.6.2.3.3	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO	m	8.80	5.19	45.67					45.67	
1.6.2.3.4	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m	m²	3.52	11.71	41.22					41.22	
1.6.2.3.5	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL	m³	1.06	40.31	42.73					42.73	
1.6.2.3.6	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 3/4"	m	9.25	23.18	214.42					214.42	
1.6.2.3.7	TUBERÍA PVC-SAP C-10 DE 1"	m	6.00	26.77	160.62					160.62	
1.6.2.4	ACCESORIOS DE REDES DE AGUA				837.15					837.15	
1.6.2.4.1	CODO PVC SAP DE 90º x 1/2"	und	22.00	13.25	291.50					291.50	
1.6.2.4.2	CODO PVC SAP DE 90º x 3/4"	und	11.00	16.00	176.00					176.00	
1.6.2.4.3	TEE PVC SAP DE 1/2"	und	4.00	14.35	57.40					57.40	
1.6.2.4.4	TEE PVC SAP DE 3/4"	und	8.00	17.65	141.20					141.20	
1.6.2.4.5	TEE PVC SAP DE 1"	und	1.00	23.15	23.15					23.15	
1.6.2.4.6	REDUCCIÓN PVC DE 3/4" A 1/2"	und	9.00	14.35	129.15					129.15	
1.6.2.4.7	REDUCCIÓN PVC DE 1" A 3/4"	und	1.00	18.75	18.75					18.75	
1.6.2.5	VÁLVULAS				1,041.93					1,041.93	
1.6.2.5.1	VÁLVULA DE PASO DE 3/4"	und	6.00	141.96	851.76					851.76	
1.6.2.5.2	CAJAS PARA VÁLVULA DE PASO	und	3.00	63.39	190.17					190.17	
1.6.2.6	EQUIPOS Y OTRAS INSTALACIONES				854.37					854.37	
1.6.2.6.1	EMPALME A RED EXISTENTE DE AGUA	und	3.00	272.29	816.87					816.87	
1.6.2.6.2	PRUEBA HIDRÁULICA DE AGUA FRÍA Y DESINFECCIÓN DE TUBERÍA	m	25.00	1.50	37.50					37.50	
1.6.3	DESAGÜE Y VENTILACIÓN				10,471.73					8,622.46	
1.6.3.1	SALIDAS DE DESAGÜE Y VENTILACIÓN				2,031.57					941.13	
1.6.3.1.1	SALIDAS DE DESAGÜE CON TUBERÍA PVC-SAL DE 2"	pto	9.00	104.57	941.13					941.13	
1.6.3.1.2	SALIDAS DE DESAGÜE CON TUBERÍA PVC-SAL DE 4"	pto	6.00	108.32	649.92						
1.6.3.1.3	SALIDAS DE VENTILACIÓN CON TUBERÍA PVC-SAL DE 2"	pto	6.00	73.42	440.52						
1.6.3.2	REDES DE DERIVACIÓN				4,305.84					3,742.92	
1.6.3.2.1	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS	m	18.83	1.64	30.88						
1.6.3.2.2	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	5.65	51.91	293.29					293.29	
1.6.3.2.3	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO	m	18.83	5.19	97.73					97.73	
1.6.3.2.4	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m	m²	11.30	11.71	132.32					132.32	
1.6.3.2.5	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL	m³	5.65	40.31	227.75					227.75	
1.6.3.2.6	TUBERÍA PVC-SAL DE 2"	m	9.70	34.46	334.26					334.26	
1.6.3.2.7	TUBERÍA PVC-SAL DE 4"	m	60.80	43.71	2,657.57					2,657.57	
1.6.3.2.8	TUBERÍA PVC-SAL DE 2" VENTILACIÓN	m	18.80	28.30	532.04						

Item	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio	Parcial	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025	Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025	Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025	Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025	Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025	Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025
1.6.3.3	REDES COLECTORAS				1,380.76					1,184.85	
1.6.3.3.1	TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS	m	16.20	1.64	26.57					26.57	
1.6.3.3.2	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	4.86	51.91	252.28					252.28	
1.6.3.3.3	REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO	m	16.20	5.19	84.08					84.08	
1.6.3.3.4	CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m	m²	9.72	11.71	113.82					113.82	
1.6.3.3.5	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL	m³	4.86	40.31	195.91						
1.6.3.3.6	TUBERÍA PVC-SAL DE 4"	m	16.20	43.71	708.10					708.10	
1.6.3.4	ACCESORIOS DE REDES DE DESAGÜE Y VENTILACIÓN				1,966.24					1,966.24	
1.6.3.4.1	CODO PVC SAL DE 45° x 2"	und	1.00	30.64	30.64					30.64	
1.6.3.4.2	CODO PVC SAL DE 90° x 2"	und	21.00	30.64	643.44					643.44	
1.6.3.4.3	CODO PVC SAL DE 90° x 4"	und	2.00	38.34	76.68					76.68	
1.6.3.4.4	CODO DE VENTILACIÓN 4" x 2"	und	4.00	42.19	168.76					168.76	
1.6.3.4.5	TEE SANITARIA PVC SAL DE 2"	und	3.00	34.05	102.15					102.15	
1.6.3.4.6	TEE SANITARIA PVC SAL DE 4" x 2"	und	1.00	41.64	41.64					41.64	
1.6.3.4.7	YEE PVC SAL DE 2"	und	2.00	37.79	75.58					75.58	
1.6.3.4.8	YEE PVC SAL DE 4"	und	4.00	56.38	225.52					225.52	
1.6.3.4.9	YEE PVC SAL DE 4" x 2"	und	5.00	42.19	210.95					210.95	
1.6.3.4.10	TRAMPA PVC SAL DE 2"	und	4.00	43.18	172.72					172.72	
1.6.3.4.11	REGISTRO ROSCADO DE BRONCE DE 4"	und	2.00	52.15	104.30					104.30	
1.6.3.4.12	SUMIDERO DE 2"	und	2.00	37.57	75.14					75.14	
1.6.3.4.13	SOMBRERO DE VENTILACIÓN PVC DE 2"	und	2.00	19.36	38.72					38.72	
1.6.3.5	CÁMARAS DE INSPECCIÓN				787.32					787.32	
1.6.3.5.1	CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO 12"x24"	und	3.00	262.44	787.32					787.32	
1.6.4	SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN COBERTURA LIVIANA				17,083.45					568.12	
1.6.4.1	SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL				17,083.45					568.12	
1.6.4.1.1	TUBERÍA PVC SAP DE 4" PARA MONTANTES DE AGUAS PLUVIALES	m	28.00	20.29	568.12					568.12	
1.6.4.1.2	CODO PVC SAP DE 45° x 4" EN MONTANTES PLUVIALES	und	16.00	22.41	358.56						
1.6.4.1.3	CODO PVC SAP DE 90° x 4" EN MONTANTES PLUVIALES	und	4.00	22.61	90.44						
1.6.4.1.4	CANALETA DE PLANCHA GALVANIZADA DE 8" CON SUJETADORES @ 0.60 m	m	67.60	232.67	15,728.49						
1.6.4.1.5	ABRAZADERA DE MONTANTES CON PLATINA DE FIERRO	und	8.00	42.23	337.84						
1.7	**INSTALACIONES ESPECIALES**				**149,750.50**	**9,710.28**	**14,541.44**	**123,910.71**			
1.7.1	SISTEMA DE RECIRCULACION - CISTERNA INC CUARTO DE MAQUINAS				128,450.50	9,710.28	14,541.44	102,610.71			
1.7.1.1	ESTRUCTURAS				18,770.09	9,710.28	9,040.80				
1.7.1.1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,055.29	1,055.29					
1.7.1.1.1.1	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	10.14	51.91	526.37	526.37					
1.7.1.1.1.2	RELLENO CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO	m³	4.71	32.92	155.05	155.05					
1.7.1.1.1.3	PERFILADO Y COMPACTADO DE ZANJA	m²	8.71	10.12	88.15	88.15					

Item	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio	Parcial	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025	Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025	Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025	Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025	Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025	Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025
1.7.1.1.1.4	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30m	m³	7.06	25.96	183.28	183.28					
1.7.1.1.1.5	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D<5 KM)	m³	7.06	14.51	102.44	102.44					
1.7.1.1.2	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				3,079.33	3,079.33					
1.7.1.1.2.1	SOLADOS				451.61	451.61					
1.7.1.1.2.1.1	SOLADO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:12 DE 4"	m²	8.71	48.55	422.87	422.87					
1.7.1.1.2.1.2	CURADO DE CONCRETO	m²	8.71	3.30	28.74	28.74					
1.7.1.1.2.2	SOBRECIMIENTOS				1,408.38	1,408.38					
1.7.1.1.2.2.1	CONCRETO C:H 1:8 + 25% P.M. PARA SOBRECIMIENTOS	m³	1.16	390.27	452.71	452.71					
1.7.1.1.2.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN SOBRECIMIENTOS	m²	17.36	51.75	898.38	898.38					
1.7.1.1.2.2.3	CURADO DE CONCRETO	m²	17.36	3.30	57.29	57.29					
1.7.1.1.2.3	FALSO PISO				1,219.34	1,219.34					
1.7.1.1.2.3.1	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL	m²	16.52	10.12	167.18	167.18					
1.7.1.1.2.3.2	FALSO PISO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:8 DE e=10 cm	m²	16.52	60.39	997.64	997.64					
1.7.1.1.2.3.3	CURADO DE CONCRETO	m²	16.52	3.30	54.52	54.52					
1.7.1.1.3	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				14,635.47	5,575.66	9,040.80				
1.7.1.1.3.1	ZAPATAS				1,837.51	1,818.50					
1.7.1.1.3.1.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA ZAPATAS	m³	2.30	535.18	1,230.91	1,230.91					
1.7.1.1.3.1.2	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN ZAPATAS	kg	65.80	8.93	587.59	587.59					
1.7.1.1.3.1.3	CURADO DE CONCRETO	m²	5.76	3.30	19.01						
1.7.1.1.3.2	VIGAS DE CONEXIÓN				4,428.30	3,757.16	671.14				
1.7.1.1.3.2.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS DE CONEXIÓN	m³	2.11	570.94	1,204.68	1,204.68					
1.7.1.1.3.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS DE CONEXIÓN	m²	16.90	78.21	1,321.75	1,321.75					
1.7.1.1.3.2.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONEXIÓN	m³	206.73	8.93	1,846.10	1,230.73	615.37				
1.7.1.1.3.2.4	CURADO DE CONCRETO	m²	16.90	3.30	55.77		55.77				
1.7.1.1.3.3	COLUMNAS				3,491.12		3,491.12				
1.7.1.1.3.3.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA COLUMNAS	m³	0.96	631.09	605.85		605.85				
1.7.1.1.3.3.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	m²	12.48	64.74	807.96		807.96				
1.7.1.1.3.3.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNAS	kg	228.01	8.93	2,036.13		2,036.13				
1.7.1.1.3.3.4	CURADO DE CONCRETO	m²	12.48	3.30	41.18		41.18				
1.7.1.1.3.4	VIGAS				4,421.71		4,421.71				
1.7.1.1.3.4.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS	m³	1.69	631.09	1,066.54		1,066.54				
1.7.1.1.3.4.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	m²	17.35	89.90	1,559.77		1,559.77				
1.7.1.1.3.4.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS	kg	194.64	8.93	1,738.14		1,738.14				
1.7.1.1.3.4.4	CURADO DE CONCRETO	m²	17.35	3.30	57.26		57.26				
1.7.1.1.3.5	COLUMNETAS DE MONTANTES DE AGUAS PLUVIALES				456.83		456.83				
1.7.1.1.3.5.1	CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	m³	0.17	536.63	91.23		91.23				

Item	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio	Parcial	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025	Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025	Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025	Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025	Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025	Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025
1.7.1.1.3.5.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	m²	2.52	64.74	163.14		163.14				
1.7.1.1.3.5.3	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	kg	21.74	8.93	194.14		194.14				
1.7.1.1.3.5.4	CURADO DE CONCRETO	m²	2.52	3.30	8.32		8.32				
1.7.1.2	ARQUITECTURA				21,663.23		5,500.64	14,820.93			
1.7.1.2.1	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERÍA				3,828.95		3,828.95				
1.7.1.2.1.1	MURO SOGA DE LADRILLO KING KONG C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5	m²	19.02	117.45	2,233.90		2,233.90				
1.7.1.2.1.2	TABIQUERÍA DE DRYWALL UNA CARA CON SUPERBOARD SOBRE ESTRUCTURA METÁLICA	m²	17.33	92.04	1,595.05		1,595.05				
1.7.1.2.2	REVOQUES Y REVESTIMIENTOS				3,147.70		1,486.76	1,107.66			
1.7.1.2.2.1	TARRAJEO EN MUROS, INTERIOR Y EXTERIOR C/MORTERO MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	46.68	31.85	1,486.76		1,486.76				
1.7.1.2.2.2	TARRAJEO DE SUPERFICE DE COLUMNAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	11.38	36.85	419.35			419.35			
1.7.1.2.2.3	TARRAJEO DE SUPERFICE DE VIGAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	13.77	40.18	553.28						
1.7.1.2.2.4	VESTIDURA DE DERRAMES EN VANOS, MEZCLA C:M 1:5, A=0.15 m, e=1.5 cm	m	30.90	20.24	625.42			625.42			
1.7.1.2.2.5	BRUÑAS	m	28.85	2.18	62.89			62.89			
1.7.1.2.3	CIELORRASOS				1,819.56			1,819.56			
1.7.1.2.3.1	CIELORRASO CON BALDOSA ACÚSTICA	m²	14.48	125.66	1,819.56			1,819.56			
1.7.1.2.4	PISOS Y PAVIMENTOS				5,970.77		184.93	5,039.47			
1.7.1.2.4.1	CONTRAPISOS				742.57			742.57			
1.7.1.2.4.1.1	CONTRAPISO DE 50 mm, MEZCLA C:H 1:5	m²	16.52	44.95	742.57			742.57			
1.7.1.2.4.2	PISOS				1,295.99			1,295.99			
1.7.1.2.4.2.1	PISO DE CERÁMICO ANTIDESLIZANTE DE 40x40 cm DE COLOR	m²	16.52	78.45	1,295.99			1,295.99			
1.7.1.2.4.3	VEREDAS				3,932.21		184.93	3,000.91			
1.7.1.2.4.3.1	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL	m²	27.41	10.12	277.39		184.93	92.46			
1.7.1.2.4.3.2	EMPEDRADO DE VEREDAS	m²	27.41	27.23	746.37						
1.7.1.2.4.3.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VEREDAS	m²	7.94	55.55	441.07			441.07			
1.7.1.2.4.3.4	VEREDA DE CONCRETO f'c=175 kg/cm2 e=0.10 m INC. BRUÑAS	m²	27.41	71.44	1,958.17			1,958.17			
1.7.1.2.4.3.5	JUNTAS ASFÁLTICAS	m	48.30	8.67	418.76			418.76			
1.7.1.2.4.3.6	CURADO DE CONCRETO	m²	27.41	3.30	90.45			90.45			
1.7.1.2.5	ZÓCALOS Y CONTRAZÓCALOS				388.05			388.05			
1.7.1.2.5.1	CONTRAZÓCALO DE CERÁMICO h=10 cm	m	15.80	24.56	388.05			388.05			
1.7.1.2.6	CARPINTERÍA DE MADERA				4,056.27			4,056.27			
1.7.1.2.6.1	PUERTAS DE MADERA DE TABLERO REBAJADO AGUANO INC. MARCO	m²	1.89	757.56	1,431.79			1,431.79			
1.7.1.2.6.2	VENTANAS DE MADERA AGUANO	m²	6.90	380.36	2,624.48			2,624.48			
1.7.1.2.7	CERRAJERÍA				291.09			291.09			
1.7.1.2.7.1	BISAGRA ALUMINIZADA CAPUCHINA DE 4"x4"	und	4.00	36.87	147.48			147.48			
1.7.1.2.7.2	CERRADURA PARA PUERTA EXTERIOR TIPO PARCHE 3 GOLPES	und	1.00	143.61	143.61			143.61			

Item	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio	Parcial	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025	Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025	Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025	Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025	Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025	Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025
1.7.1.2.8	VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES				591.91			591.91			
1.7.1.2.8.1	VIDRIO LAMINADO DE 6mm	m²	3.40	174.09	591.91			591.91			
1.7.1.2.9	PINTURA				1,568.93			1,526.92			
1.7.1.2.9.1	PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES 2 MANOS	m²	23.34	13.64	318.36			318.36			
1.7.1.2.9.2	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES 2 MANOS	m²	40.67	17.15	697.49			697.49			
1.7.1.2.9.3	PINTURA LATEX EN INTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS	m²	11.53	13.64	157.27			157.27			
1.7.1.2.9.4	PINTURA LATEX EXTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS	m²	13.62	17.05	232.22			232.22			
1.7.1.2.9.5	PINTURA BARNIZ EN PUERTAS DE MADERA	m²	1.89	22.23	42.01						
1.7.1.2.9.6	PINTURA BARNIZ EN VENTANAS DE MADERA	m²	6.90	17.62	121.58			121.58			
1.7.1.3	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				3,017.18			2,789.78			
1.7.1.3.1	SALIDAS PARA ALUMBRADO, TOMACORRIENTES Y FUERZA				3,017.18			2,789.78			
1.7.1.3.1.1	SALIDAS				1,102.30			1,102.30			
1.7.1.3.1.1.1	SALIDA DE CENTRO DE LUZ EN TECHO	pto	4.00	97.49	389.96			389.96			
1.7.1.3.1.1.2	SALIDA DE PARED PARA INTERRUPTOR DOBLE	pto	1.00	114.64	114.64			114.64			
1.7.1.3.1.1.3	SALIDA TOMACORRIENTE DOBLE CON PUESTA A TIERRA PARED/TECHO	pto	5.00	119.54	597.70			597.70			
1.7.1.3.1.2	CANALIZACIONES, CONDUCTOS O TUBERÍAS				329.10			329.10			
1.7.1.3.1.2.1	TUBERÍA PVC-P PESADO DE 20 mm	m	53.60	6.14	329.10			329.10			
1.7.1.3.1.3	CONDUCTORES Y CABLES DE ENERGÍA EN TUBERÍAS				964.31			736.91			
1.7.1.3.1.3.1	CONDUCTOR NH-80 DE 2.5 mm2	m	22.05	4.62	101.87			101.87			
1.7.1.3.1.3.2	CONDUCTOR NH-80 DE 4 mm2	m	41.27	5.51	227.40						
1.7.1.3.1.3.3	CONDUCTOR N2XH DE 4 mm2	m	94.50	6.72	635.04			635.04			
1.7.1.3.1.4	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN				215.33			215.33			
1.7.1.3.1.4.1	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CAJA METÁLICA DE 8 POLOS	und	1.00	215.33	215.33			215.33			
1.7.1.3.1.5	DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN				406.14			406.14			
1.7.1.3.1.5.1	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x16A	und	1.00	66.26	66.26			66.26			
1.7.1.3.1.5.2	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A	und	2.00	66.26	132.52			132.52			
1.7.1.3.1.5.3	INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE 2x25A	und	1.00	207.36	207.36			207.36			
1.7.1.4	INSTALACIONES SANITARIAS				85,000.00			85,000.00			
1.7.1.4.1	MOTORES Y EQUIPAMIENTO CUARTO DE MAQUINAS	gbl	1.00	85,000.00	85,000.00			85,000.00			
1.7.2	INSTALACIONES ELECTRONICAS PARA EQUIPOS HIDROMETRICOS				21,300.00			21,300.00			
1.7.2.1	INSTALACIONES ELECTRONICAS PARA EQUIPOS HIDROMETRICOS	pto	60.00	355.00	21,300.00			21,300.00			
1.8	**MOVILIARIO Y EQUIPAMIENTO**				**990,000.00**		**108,000.00**	**72,000.00**	**604,285.71**	**205,714.29**	
1.8.1	MOVILIARIO UNIVERSITARIO				90,000.00				90,000.00		
1.8.1.1	OFICINA DE JEFE DE LABORATORIO				15,000.00				15,000.00		
1.8.1.1.1	EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE JEFE DE LABORATORIO	gbl	1.00	15,000.00	15,000.00				15,000.00		
1.8.1.2	OFICINA DE JEFE DE INVESTIGACION				15,000.00				15,000.00		
1.8.1.2.1	EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE JEFE DE INVESTIGACION	gbl	1.00	15,000.00	15,000.00				15,000.00		

Item	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio	Parcial	Mes 1 Del 1/01/2025 Al 31/01/2025	Mes 2 Del 1/02/2025 Al 28/02/2025	Mes 3 Del 1/03/2025 Al 31/03/2025	Mes 4 Del 1/04/2025 Al 30/04/2025	Mes 5 Del 1/05/2025 Al 31/05/2025	Mes 6 Del 1/06/2025 Al 30/06/2025
1.8.1.3	OFICINA DE INVESTIGACION - ALUMNOS				15,000.00				15,000.00		
1.8.1.3.1	EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE INVESTIGACION - ALUMNOS	gbl	1.00	15,000.00	15,000.00				15,000.00		
1.8.1.4	TALLER DE METALES				15,000.00				15,000.00		
1.8.1.4.1	EQUIPAMIENTO DE TALLER DE METALES	gbl	1.00	15,000.00	15,000.00				15,000.00		
1.8.1.5	TALLER DE ELECTRONICA				15,000.00				15,000.00		
1.8.1.5.1	EQUIPAMIENTO DE TALLER DE ELECTRONICA	gbl	1.00	15,000.00	15,000.00				15,000.00		
1.8.1.6	HALL - RECEPCION				15,000.00				15,000.00		
1.8.1.6.1	EQUIPAMIENTO DE HALL - RECEPCION	gbl	1.00	15,000.00	15,000.00				15,000.00		
1.8.2	EQUIPAMIENTO DE LABORATORIO				900,000.00		108,000.00	72,000.00	514,285.71	205,714.29	
1.8.2.1	EQUIPOS HIDROMETRICOS				720,000.00				514,285.71	205,714.29	
1.8.2.1.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE EQUIPOS HIDROMETRICOS	und	60.00	12,000.00	720,000.00				514,285.71	205,714.29	
1.8.2.2	MODELOS HIDRAULICOS A ESCALA				180,000.00		108,000.00	72,000.00			
1.8.2.2.1	FABRICACION E INSTALACION DE MODELOS HIDRAULICOS A ESCALA	und	4.00	45,000.00	180,000.00		108,000.00	72,000.00			
1.9	**TRABAJOS FINALES DE OBRA Y OTROS**				**68,710.91**	**7,275.00**	**6,466.67**	**7,005.56**	**3,502.78**		**41,474.03**
1.9.1	IMPACTO AMBIENTAL				7,470.00						7,470.00
1.9.1.1	CONTENEDORES HERMÉTICOS DE COLORES	und	4.00	180.00	720.00						720.00
1.9.1.2	CHARLAS DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL	mes	8.00	750.00	6,000.00						6,000.00
1.9.1.3	MONITOREO AMBIENTAL	mes	1.00	750.00	750.00						750.00
1.9.2	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO				12,000.00						12,000.00
1.9.2.1	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO	und	1.00	12,000.00	12,000.00						12,000.00
1.9.3	TRABAJOS FINALES DE OBRA				9,432.88						6,446.00
1.9.3.1	DESMONTAJE DE OBRAS PROVISIONALES	glb	1.00	2,000.00	2,000.00						2,000.00
1.9.3.2	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m²	1,800.00	2.47	4,446.00						4,446.00
1.9.3.3	TRANSPORTE DE MATERIAL DESMONTADO	glb	1.00	2,000.00	2,000.00						
1.9.3.4	PLACA RECORDATORIA	und	1.00	986.88	986.88						
1.9.4	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD				15,558.03						15,558.03
1.9.4.1	VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE	und	2.00	600.00	1,200.00						1,200.00
1.9.4.2	DISEÑO DE MEZCLAS	und	6.00	500.00	3,000.00						3,000.00
1.9.4.3	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA CONCRETO	und	60.00	50.00	3,000.00						3,000.00
1.9.4.4	PRUEBA DE DENSIDAD DE CAMPO	und	24.00	60.00	1,440.00						1,440.00
1.9.4.5	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	und	2.00	350.00	700.00						700.00
1.9.4.6	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA SOLDADURA	und	20.00	250.00	5,000.00						5,000.00
1.9.4.7	PRUEBAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y PUESTA EN SERVICIO	und	1.00	1,218.03	1,218.03						1,218.03
1.9.5	FLETE TERRESTRE				24,250.00	7,275.00	6,466.67	7,005.56	3,502.78		
1.9.5.1	FLETE TERRESTRE CUSCO - UNSAAC	glb	1.00	24,250.00	24,250.00	7,275.00	6,466.67	7,005.56	3,502.78		
	Costo directo:				2,130,686.23	101,597.64	170,745.06	259,725.06	692,167.69	496,559.65	300,473.78
	Gastos Generales (0.00%)				0.00	-	-	-	-	-	-
	Parcial				2,130,686.23	101,597.64	170,745.06	259,725.06	692,167.69	496,559.65	300,473.78
	I.G.V.(18.00%)				383,523.52	18,287.58	30,734.11	46,750.51	124,590.18	89,380.74	54,085.28
	TOTAL				2,514,209.75	119,885.22	201,479.17	306,475.57	816,757.87	585,940.39	354,559.06
	Porcentaje de avance por Mes					4.77%	8.01%	12.19%	32.49%	23.31%	14.10%

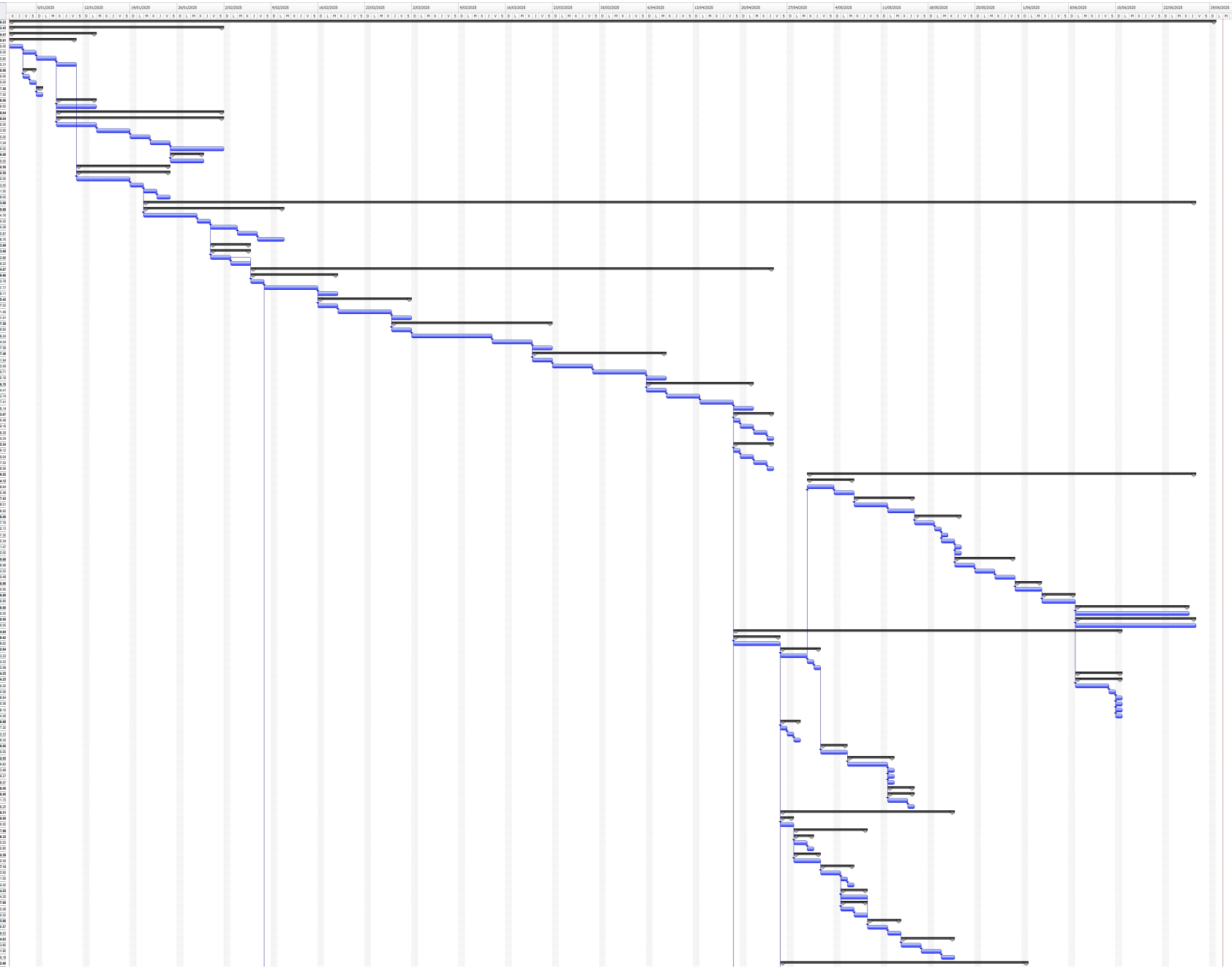
Porcentaje de avance acumulado	4.77%	12.78%	24.97%	57.46%	80.77%	94.87%

ANEXO 10:
DIAGRAMA DE GANTT

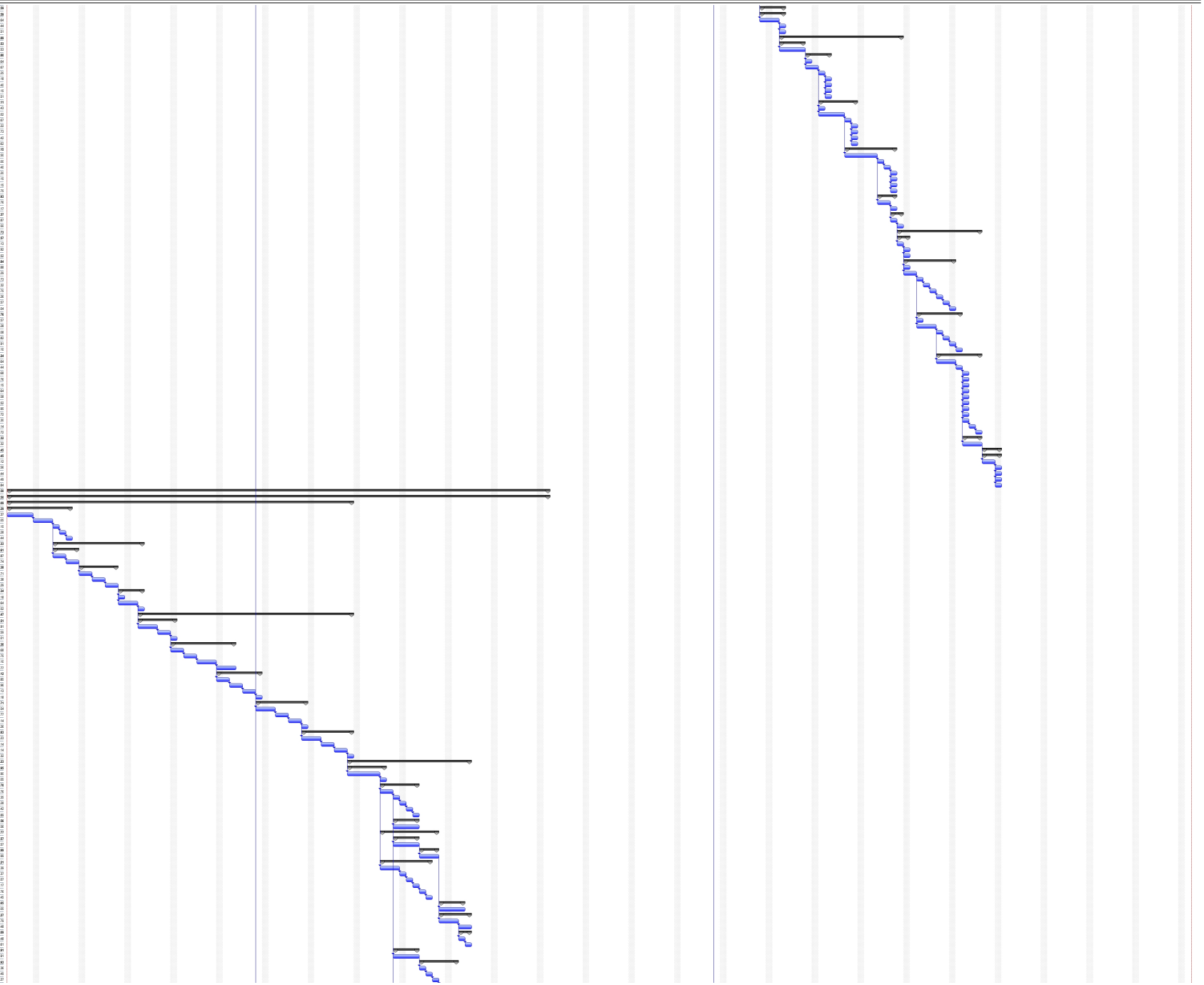
CRONOGRAMA

PROYECTO : SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL 2024
PROPIETARIO : LABORATORIO DE HIDRAULICA
UBICACIÓN : DPTO.CUSCO PROV.CUSCO DIST.CUSCO LOC.UNSAAC - PISAAYOC
FECHA PROYECTO : 16/08/2024

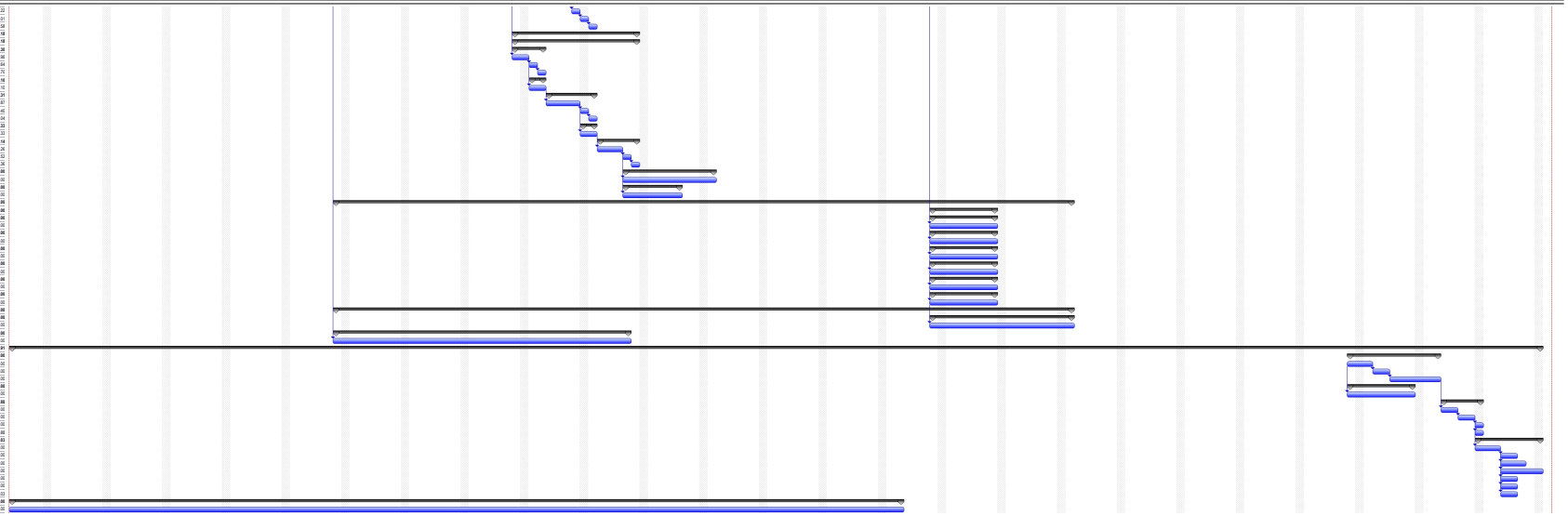
N°		Descripcion	Und.	Cantidad	Precio	Total
1	1.0	**CREACION DEL LABODATORIO DE HIDRAULICA EN LA FIC - UNSAAC**				**2.129.698.33**
2		**1.1 OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD**		**0.00**	**0.00**	**64.235.41**
3		**1.1.1 OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES**		**0.00**	**0.00**	**24.646.41**
4		**1.1.1.1 CONSTRUCCIONES PROVISIONALES**		**0.00**	**0.00**	**14.770.91**
5		1.1.1.1.1 ALQUILER DE LOCAL PARA OFICINA DE RESIDENCIA Y ALMACÉN	mes	8.00	550.00	4.000.00
6		1.1.1.1.2 ALQUILER DE MODULO DE BAÑO PORTATIL TIPO OSIAL O SIMILAR	mes	8.00	550.00	4.000.00
7		1.1.1.1.3 CERCO DE PROTECCIÓN CON ARPILLERA	m	160.00	30.91	5.745.60
8		1.1.1.1.4 CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA DE 3.60x2.40 m	und	1.00	1.025.31	1.025.31
9		**1.1.1.2 INSTALACIONES PROVISIONALES**		**0.00**	**0.00**	**2.000.00**
10		1.1.1.2.1 AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN	glb	1.00	1.000.00	1.000.00
11		1.1.1.2.2 ENERGIA ELECTRICA PROVISIONAL	glb	1.00	1.000.00	1.000.00
12		**1.1.1.7 TRABAJOS PRELIMINARES**		**0.00**	**0.00**	**2.917.50**
13		1.1.1.3.1 LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m²	750.00	3.89	2.917.50
14		**1.1.1.4 MOVILIZACIÓN DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS**		**0.00**	**0.00**	**4.050.00**
15		1.1.1.4.1 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00	4.050.00	4.050.00
16		**1.1.2 SEGURIDAD Y SALUD**		**0.00**	**0.00**	**39.588.94**
17		**1.1.2.1 ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA, TRABAJO**		**0.00**	**0.00**	**36.688.94**
18		1.1.2.1.1 ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD	mes	8.00	1.500.00	12.000.00
19		1.1.2.1.2 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	glb	1.00	17.913.00	17.913.00
20		1.1.2.1.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00	1.125.00	1.125.00
21		1.1.2.1.4 SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA PARA CONSTRUCCIÓN (1.20x0.80m)	und	8.00	207.62	1.661.04
22		1.1.2.1.5 CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA	glb	1.00	4.000.00	4.000.00
23		**1.1.2.2 PLAN DE CONTINGENCIA**		**0.00**	**0.00**	**2.900.00**
24		1.1.2.2.1 RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIA Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	glb	1.00	2.900.00	2.900.00
25		**1.2 EMPLAZAMIENTO**		**0.00**	**0.00**	**17.160.50**
26		**1.2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS**		**0.00**	**0.00**	**17.160.50**
27		1.2.1.1 EXCAVACION CON MAQUINARIA EN TERRENO SUELTO	m³	750.00	6.88	5.160.00
28		1.2.1.2 RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m³	150.00	11.62	1.743.00
29		1.2.1.3 ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30m	m³	650.00	5.91	3.841.50
30		1.2.1.4 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D=5 Km)	m³	650.00	9.92	6.448.00
31		**1.3 ESTRUCTURAS**		**0.00**	**0.00**	**484.633.06**
32		**1.3.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS**		**0.00**	**0.00**	**8.579.89**
33		1.3.1.1 EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	83.12	51.91	4.314.76
34		1.3.1.2 RELLENO CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO	m³	34.94	32.92	1.150.22
35		1.3.1.3 PERFILADO Y COMPACTADO DE ZANJA	m²	57.34	10.12	580.28
36		1.3.1.4 ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30m	m³	63.63	20.96	1.333.87
37		1.3.1.5 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (D=5 KM)	m³	63.63	14.51	938.76
38		**1.3.2 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE**		**0.00**	**0.00**	**2.973.08**
39		**1.3.2.1 SOLADOS**		**0.00**	**0.00**	**2.973.08**
40		1.3.2.1.1 SOLADO DE CONCRETO MEZCLA C/H 1:12 DE 4"	m²	57.34	48.55	2.783.86
41		1.3.2.1.2 CURADO DE CONCRETO	m²	57.34	3.40	189.22
42		**1.3.3 OBRAS DE CONCRETO ARMADO**		**0.00**	**0.00**	**110.374.67**
43		**1.3.3.1 ZAPATAS**		**0.00**	**0.00**	**11.168.64**
44		1.3.3.1.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA ZAPATAS	m³	14.32	530.16	7.593.79
45		1.3.3.1.3 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN ZAPATAS	kg	379.27	8.83	3.347.77
46		1.3.3.1.2 CURADO DE CONCRETO	m²	35.79	3.30	118.11
47		**1.3.3.2 VIGAS DE CONEXIÓN**		**0.00**	**0.00**	**15.376.42**
48		1.3.3.2.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS DE CONEXIÓN	m³	13.65	570.94	7.907.53
49		1.3.3.2.4 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONEXIÓN	kg	1,260.80	8.83	11.571.48
50		1.3.3.2.3 CURADO DE CONCRETO	m²	27.72	3.30	91.41
51		**1.3.3.3 COLUMNAS**		**0.00**	**0.00**	**39.787.58**
52		1.3.3.3.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA COLUMNAS	m³	14.10	631.08	8.929.92
53		1.3.3.3.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	m²	123.01	84.74	7.966.64
54		1.3.3.3.4 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNAS	kg	2,515.07	8.83	22.484.54
55		1.3.3.3.3 CURADO DE CONCRETO	m²	123.01	3.30	407.58
56		**1.3.3.4 VIGAS**		**0.00**	**0.00**	**31.397.40**
57		1.3.3.4.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS	m³	19.20	631.08	8.361.94
58		1.3.3.4.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	m²	127.07	89.40	11.433.35
59		1.3.3.4.3 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS	kg	1,234.01	8.83	11.019.71
60		1.3.3.4.4 CURADO DE CONCRETO	m²	152.17	3.30	502.14
61		**1.3.3.5 COLUMNETAS DE MONTANTES DE AGUAS PLUVIALES**		**0.00**	**0.00**	**1.489.70**
62		1.3.3.5.1 CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	m³	0.53	530.63	284.41
63		1.3.3.5.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS PARA DE MONTANTES PLUVIALES	m²	7.60	64.74	512.74
64		1.3.3.5.3 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	kg	64.66	8.83	577.41
65		1.3.3.5.4 CURADO DE CONCRETO	m²	7.60	3.30	30.14
66		**1.3.3.6 COLUMNAS DE CONFINAMIENTO PARA ALBAÑILERIA**		**0.00**	**0.00**	**10.003.07**
67		1.3.3.6.1 CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA COLUMNAS DE CONFINAMIENTO	m³	5.00	530.63	2.790.48
68		1.3.3.6.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO	m²	40.92	64.74	2.649.16
69		1.3.3.6.3 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO	kg	495.90	8.83	4.428.39
70		1.3.3.6.4 CURADO DE CONCRETO	m²	40.92	3.30	135.04
71		**1.3.3.7 VIGAS DE CONFINAMIENTO PARA ALBAÑILERIA**		**0.00**	**0.00**	**6.325.24**
72		1.3.3.7.1 CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA VIGAS DE CONFINAMIENTO	m³	2.10	530.63	1.109.13
73		1.3.3.7.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS DE CONFINAMIENTO	m²	33.20	64.72	2.149.04
74		1.3.3.7.3 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONFINAMIENTO	kg	320.59	8.83	2.937.52
75		1.3.3.7.4 CURADO DE CONCRETO	m²	33.20	3.30	109.56
76		**1.3.4 ESTRUCTURA METALICA**		**0.00**	**0.00**	**353.486.02**
77		**1.3.4.1 COLUMNAS METALICAS**		**0.00**	**0.00**	**22.334.12**
78		1.3.4.1.1 COLUMNA DE TUBO METÁLICO RECTANGULAR DE 200x200mm e=6mm	und	14.00	1.167.76	16.348.64
79		1.3.4.1.2 APOYO ESTRUCTURA METÁLICA	und	14.00	441.82	6.185.48
80		**1.3.4.2 VIGAS METÁLICAS**		**0.00**	**0.00**	**6.417.42**
81		1.3.4.2.1 VIGAS DE PERFIL TUBULAR CUADRADO 100x100mm e=2.5 mm (INCLUYE PINTURA)	m	62.40	71.13	4.438.51
82		1.3.4.2.2 VIGAS DE PERFIL TUBULAR RECTANGULAR 80x150mm e=2 mm (INCLUYE PINTURA)	m	44.60	50.00	2.230.92
83		**1.3.4.7 TIJERALES METÁLICOS**		**0.00**	**0.00**	**61.730.00**
84		1.3.4.3.1 ARMADURA DE ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES	und	7.00	5.390.66	37.727.70
85		1.3.4.3.2 IZADO Y MONTAJE ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES	und	7.00	460.56	3.455.13
86		1.3.4.3.3 PINTURA ESTRUCTURA METÁLICA TIJERALES	und	7.00	522.90	3.687.30
87		1.3.4.3.4 ARMADO DE UNIÓN CERCHA - COLUMNA CON CARTELA	und	14.00	450.31	6.620.34
88		1.3.4.3.5 SUMINISTRO Y COLOCADO DE CABLE TENSOR DE Ø1/2"	m	334.66	9.99	3.311.47
89		1.3.4.3.6 SUMINISTRO Y COLOCADO DE ANCLAJE ROSABLE TENSOR DE Ø1/2"	pzs	42.00	186.00	2.232.00
90		**1.3.4.4 CERCHA METÁLICA (VIGA A)**		**0.00**	**0.00**	**8.488.88**
91		1.3.4.4.1 ARMADURA DE CERCHA METÁLICA VIGA A	und	2.00	3.364.40	6.728.80
92		1.3.4.4.2 IZADO Y MONTAJE CERCHA METÁLICA VIGA A	und	2.00	371.11	742.22
93		1.3.4.4.3 PINTURA CERCHA METÁLICA VIGA A	und	2.00	559.74	1.019.48
94		**1.3.4.5 CORREAS**		**0.00**	**0.00**	**1.260.90**
95		1.3.4.5.1 CORREAS DE 40x80mm e=2 mm (INCLUYE PINTURA)	m	27.00	46.70	1.260.90
96		**1.3.4.6 CONECTORES**		**0.00**	**0.00**	**38.398.89**
97		1.3.4.6.1 CONECTORES DE ALLIZINC 1.87m x 0.0m x 0.4mm	m²	890.03	43.04	38.306.89
98		**1.3.4.7 SUMINISTRO E INSTALACION DE GRUA DE 5 TONELADAS**		**0.00**	**0.00**	**120.000.00**
99		1.3.4.7.1 SUMINISTRO E INSTALACION DE GRUA DE 5 TONELADAS	und	1.00	120.000.00	120.000.00
100		**1.3.4.8 SUMINISTRO E INSTALACION DE BALCON METALICO**		**0.00**	**0.00**	**94.500.00**
101		1.3.4.8.1 SUMINISTRO E INSTALACION DE BALCON METALICO	m	63.00	1.500.00	94.500.00
102		**1.4 ARQUITECTURA**		**0.00**	**0.00**	**306.414.04**
103		**1.4.1 MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA**		**0.00**	**0.00**	**22.909.63**
104		1.4.1.1 MURO SOGA DE LADRILLO KING KONG CIMIENTERO MEZCLA C/M 1:5	m²	190.00	117.40	22.309.63
105		**1.4.2 REVOQUES Y REVESTIMIENTOS**		**0.00**	**0.00**	**16.192.84**
106		1.4.2.1 TARRAJEO EN MUROS INTERIOR Y EXTERIOR CIMENTERO MEZCLA C/M 1:5, e=1.5	m²	427.40	31.80	13.613.32
107		1.4.2.7 TARRAJEO DE SUPERFICIE DE COLUMNAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C/M 1:5, e=1.5 cm	m²	33.80	36.80	1.245.43
108		1.4.2.7 TARRAJEO DE SUPERFICIE DE VIGAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C/M 1:5, e=1.5 cm	m²	33.20	40.19	1.333.99
109		**1.4.3 PISOS Y PAVIMENTOS**		**0.00**	**0.00**	**10.454.23**
110		**1.4.3.1 VEREDAS**		**0.00**	**0.00**	**10.454.23**
111		1.4.3.1.1 NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL	m²	143.30	10.12	1.450.20
112		1.4.3.1.2 EMPEDRADO DE VEREDAS	m²	143.30	27.23	3.902.00
113		1.4.3.1.3 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VEREDAS	m²	9.56	53.53	458.94
114		1.4.3.1.4 VEREDA DE CONCRETO f'c=175 kg/cm2 e=0.10 m INC. BRUÑAS	m²	49.00	71.44	3.500.56
115		1.4.3.1.5 JUNTAS ASFALTICAS	m	90.00	8.81	788.10
116		1.4.3.1.6 CURADO DE CONCRETO	m²	90.30	3.30	314.46
117		**1.4.4 CARPINTERIA METÁLICA Y HERRERÍA**		**0.00**	**0.00**	**88.138.88**
118		1.4.4.1 CERRAJERIA PUERTAS PRINCIPALES Y ANGULOS DE 1"INC. PINTURA ANTICORROSIVA Y ESMALTADA	und	2.00	2.939.00	5.877.33
119		1.4.4.2 CERCHA METÁLICA OLÍMPICA GALVANIZADA DE 2"x2", N° 10, ANGULAR DE 1 1/2"x1 1/2"x1/8"	m²	416.58	187.86	78.083.33
120		1.4.4.3 POSTES PARA MALLA OLIMPICA CON TUBO DE PVC Ø=3" DE e=2mm	und	19.64	222.53	4.378.32
121		**1.4.7 VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES**		**0.00**	**0.00**	**157.500.00**
122		1.4.5.1 VIDRIO NACIONAL DOBLE APRA FACHADA	m²	350.00	450.00	157.500.00
123		**1.4.6 PINTURA**		**0.00**	**0.00**	**7.732.65**
124		1.4.6.1 PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES 2 MANOS	m²	189.87	13.64	2.589.83
125		1.4.6.2 PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES 2 MANOS	m²	237.50	17.15	4.073.94
126		1.4.6.3 PINTURA LATEX INTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS	m²	30.87	13.64	489.27
127		1.4.6.4 PINTURA LATEX EXTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS	m²	30.13	17.00	588.37
128		**1.4.7 VARIOS, LIMPIEZA Y JARDINERIA**		**0.00**	**0.00**	**3.468.00**
129		**1.4.7.1 SEMBRIO DE GRASS**		**0.00**	**0.00**	**3.468.00**
130		1.4.7.1.1 CORTE SUPERFICIAL MANUAL E=20CM	m²	75.00	13.46	1.011.75
131		1.4.7.1.2 SEMBRIO DE GRASS INC ARBOLES	m²	75.00	32.75	2.456.25
132		**1.5 INSTALACIONES ELÉCTRICAS**		**0.00**	**0.00**	**13.578.51**
133		**1.5.1 CONEXIÓN A LA RED EXTERNA DE MEDIDORES**		**0.00**	**0.00**	**800.00**
134		1.5.1.1 CONEXIÓN DE MEDIDOR ELECTRICO PARA SPOT TERRENO INC. PRUEBA	glb	1.00	800.00	800.00
135		**1.5.5 SALIDAS PARA ALUMBRADO, TOMACORRIENTES Y FUERZA**		**0.00**	**0.00**	**5.117.50**
136		**1.5.2.1 SALIDAS**		**0.00**	**0.00**	**808.32**
137		1.5.2.1.1 SALIDA DE TECHO PARA REFLECTOR	pto	8.00	40.66	325.32
138		1.5.2.1.2 CAJA DE PASO OCTOGONAL DE PVC DE 100x55mm	und	8.00	60.10	480.80
139		**1.5.2.2 CANALIZACIONES, CONDUCTOS O TUBERÍAS**		**0.00**	**0.00**	**1.392.59**
140		1.5.2.2.1 TUBERIA PVC-P PESADO DE 20 mm	m	172.00	7.58	1.302.59
141		**1.5.2.3 CONDUCTORES Y CABLES DE ENERGÍA EN TUBERÍAS**		**0.00**	**0.00**	**2.487.12**
142		1.5.2.3.1 CONDUCTOR NOW DE 8 mm2	m	261.60	7.54	1.972.92
143		1.5.2.3.2 CONDUCTOR VULCANIZADO NLT DE 4 mm2	m	73.92	5.90	411.05
144		1.5.2.3.3 CABLE DE COBRE DESNUDO DE 6mm2	m	13.13	7.86	103.20
145		**1.5.2.4 TABLEROS PRINCIPALES**		**0.00**	**0.00**	**214.23**
146		1.5.2.4.1 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CAJA METÁLICA DE 12 POLOS	und	1.00	214.23	214.23
147		**1.5.2.5 DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN**		**0.00**	**0.00**	**307.66**
148		1.5.2.6.1 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A	und	3.00	59.36	178.08
149		1.5.2.5.2 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A	und	2.00	64.29	128.53
150		**1.5.3 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**		**0.00**	**0.00**	**2.575.00**
151		1.5.3.1 EXCAVACIÓN DE HOYO PARA POZO DE PUESTA A TIERRA	m³	3.00	62.26	186.67
152		1.5.3.3 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	und	1.00	1.888.33	1.888.33
153		**1.5.4 ARTEFACTOS - LUMINARIAS**		**0.00**	**0.00**	**5.584.83**
154		1.5.4.1 LUMINARIA HIGH BAY LED 191/200W	und	15.00	209.59	3.143.85
155		1.5.4.2 LUMINARIA FLUORESCENTE LINEAL 2X40WATT	und	20.00	109.59	2.191.85
156		1.5.4.3 LUMINARIA HERMETICA PARA ADOSAR CON 2 CAMPANAS LED DE 16 WATT IP 65	und	2.00	124.56	249.18
157		**1.6 INSTALACIONES SANITARIAS**		**0.00**	**0.00**	**36.102.66**



159	**1.6.1 APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS**		**0.00**	**0.00**	**3,134.55**
159	**1.6.1.1 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE APARATOS SANITARIOS**		**0.00**	**0.00**	**3,134.55**
160	1.6.1.1.1 INODORO TANQUE BAJO INC. INSTALACIÓN	und	4.00	329.91	1,319.64
161	1.6.1.1.2 LAVATORIO DE LOSA COLOR NACIONAL, EXPEDESTAL INC. INSTALACIÓN	und	4.00	380.11	1,520.44
162	1.6.1.1.3 URINARIO TIPO PICO BLANCO INC. INSTALACIÓN	und	1.00	274.51	274.51
163	**1.6.2 SISTEMA DE AGUA FRÍA**		**0.00**	**0.00**	**5,482.89**
164	**1.6.2.1 SALIDAS DE AGUA FRÍA**		**0.00**	**0.00**	**1,207.33**
165	1.6.2.1.1 SALIDAS DE AGUA FRÍA CON TUBERIA PVC-SAP DE 1/2"	pto	13.00	59.81	1,297.53
166	**1.6.2.2 REDES DE DISTRIBUCIÓN**		**0.00**	**0.00**	**697.80**
167	1.6.2.2.1 TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS	m	1.00	1.64	1.64
168	1.6.2.2.2 EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	1.92	51.91	99.67
169	1.6.2.2.3 REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO	m	16.04	5.16	82.75
170	1.6.2.2.4 CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m	m³	6.42	11.71	75.16
171	1.6.2.2.5 RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL	m³	1.92	40.31	77.40
172	1.6.2.2.6 TUBERIA PVC-SAP C-10 DE 1/2"	m	17.30	20.24	350.15
173	1.6.2.2.7 TUBERIA PVC-SAP C-10 DE 3/4"	m	8.60	23.18	199.31
174	**1.6.2.3 REDES DE ALIMENTACIÓN**		**0.00**	**0.00**	**574.11**
175	1.6.2.3.1 TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS	m	8.80	1.64	14.43
176	1.6.2.3.2 EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	1.00	51.91	51.92
177	1.6.2.3.3 REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO	m	8.80	5.16	45.40
178	1.6.2.3.4 CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m	m³	3.52	11.71	41.22
179	1.6.2.3.5 RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL	m³	1.06	40.31	42.73
180	1.6.2.3.6 TUBERIA PVC-SAP C-10 DE 3/4"	m	9.25	23.18	214.42
181	1.6.2.3.7 TUBERIA PVC-SAP C-10 DE 1"	m	4.00	39.77	160.62
182	**1.6.2.4 ACCESORIOS DE REDES DE AGUA**		**0.00**	**0.00**	**837.15**
183	1.6.2.4.1 CODO PVC SAP DE 90° x 1/2"	und	22.00	13.20	291.50
184	1.6.2.4.2 CODO PVC SAP DE 90° x 3/4"	und	11.00	16.00	176.00
185	1.6.2.4.3 TEE PVC SAP DE 1/2"	und	4.00	14.38	57.46
186	1.6.2.4.4 TEE PVC SAP DE 3/4"	und	8.00	17.68	141.26
187	1.6.2.4.5 TEE PVC SAP DE 1"	und	1.00	23.15	23.15
188	1.6.2.4.6 REDUCCIÓN PVC DE 3/4" A 1/2"	und	6.00	14.35	139.15
189	1.6.2.4.7 REDUCCIÓN PVC DE 1" A 3/4"	und	1.00	18.75	18.75
190	**1.6.2.5 VÁLVULAS**		**0.00**	**0.00**	**1,041.53**
191	1.6.2.5.1 VÁLVULA DE PASO DE 3/4"	und	6.00	141.96	851.76
192	1.6.2.5.2 CAJAS PARA VÁLVULA DE PASO	und	3.00	63.26	189.77
193	**1.6.2.6 EQUIPOS Y OTRAS INSTALACIONES**		**0.00**	**0.00**	**854.37**
194	1.6.2.6.1 EMPALME A RED EXISTENTE DE AGUA	und	3.00	272.26	816.87
195	1.6.2.6.2 PRUEBA HIDRAULICA DE AGUA FRÍA Y DESINFECCIÓN DE TUBERÍA	m	25.00	1.50	37.50
196	**1.6.3 DESAGÜE Y VENTILACIÓN**		**0.00**	**0.00**	**10,471.72**
197	**1.6.3.1 SALIDAS DE DESAGÜE Y VENTILACIÓN**		**0.00**	**0.00**	**2,021.57**
198	1.6.3.1.1 SALIDAS DE DESAGÜE CON TUBERIA PVC-SAL DE 2"	pto	9.00	104.57	941.13
199	1.6.3.1.2 SALIDAS DE DESAGÜE CON TUBERIA PVC-SAL DE 4"	pto	6.00	109.32	649.92
200	1.6.3.1.3 SALIDAS DE VENTILACIÓN CON TUBERÍA PVC-SAL DE 2"	pto	6.00	73.42	440.52
201	**1.6.3.2 REDES DE DERIVACIÓN**		**0.00**	**0.00**	**4,385.84**
202	1.6.3.2.1 TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS	m	18.63	1.64	30.66
203	1.6.3.2.2 EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	3.45	51.91	269.29
204	1.6.3.2.3 REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO	m	18.63	5.16	97.73
205	1.6.3.2.4 CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m	m³	11.32	11.71	132.32
206	1.6.3.2.5 RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL	m³	5.65	40.31	227.75
207	1.6.3.2.6 TUBERIA PVC-SAL DE 2"	m	9.72	34.46	334.28
208	1.6.3.2.7 TUBERIA PVC-SAL DE 4"	m	60.80	43.71	2,657.57
209	1.6.3.2.8 TUBERIA PVC-SAL DE 2" VENTILACION	m	18.80	28.30	532.04
210	**1.6.3.3 REDES COLECTORAS**		**0.00**	**0.00**	**1,380.74**
211	1.6.3.3.1 TRAZO Y REPLANTEO EN TUBERÍAS	m	16.20	1.64	26.57
212	1.6.3.3.2 EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	4.86	51.91	252.28
213	1.6.3.3.3 REFINE DE ZANJA Y CONFORMACIÓN DE FONDO	m	16.20	5.16	84.08
214	1.6.3.3.4 CAMA DE APOYO DE ARENA DE H=0.10 m	m³	9.72	11.71	113.82
215	1.6.3.3.5 RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO Y COMPACTADO MANUAL	m³	4.86	40.31	195.91
216	1.6.3.3.6 TUBERIA PVC-SAL DE 4"	m	16.20	43.71	708.16
217	**1.6.3.4 ACCESORIOS DE REDES DE DESAGÜE Y VENTILACIÓN**		**0.00**	**0.00**	**1,998.24**
218	1.6.3.4.1 CODO PVC SAL DE 45° x 2"	und	1.00	30.64	30.64
219	1.6.3.4.2 CODO PVC SAL DE 90° x 2"	und	21.00	30.64	643.44
220	1.6.3.4.3 CODO PVC SAL DE 90° x 4"	und	2.00	36.34	76.68
221	1.6.3.4.4 CODO DE VENTILACIÓN 4" x 2"	und	4.00	42.16	168.76
222	1.6.3.4.5 TEE SANITARIA PVC SAL DE 2"	und	3.00	34.00	102.15
223	1.6.3.4.6 TEE SANITARIA PVC SAL DE 4" x 2"	und	1.00	41.64	41.64
224	1.6.3.4.7 YEE PVC SAL DE 2"	und	2.00	37.78	75.58
225	1.6.3.4.8 YEE PVC SAL DE 4"	und	4.00	56.38	225.53
226	1.6.3.4.9 YEE PVC SAL DE 4" x 2"	und	5.00	42.16	210.80
227	1.6.3.4.10 TAMPA PVC SAL DE 2"	und	4.00	43.18	172.73
228	1.6.3.4.11 REGISTRO ROCADO DE BRONCE DE 4"	und	2.00	52.15	104.30
229	1.6.3.4.12 SUMIDERO DE 2"	und	2.00	37.57	75.14
230	1.6.3.4.13 SOMBRERO DE VENTILACIÓN PVC DE 2"	und	2.00	19.36	38.72
231	**1.6.3.5 CÁMARAS DE INSPECCIÓN**		**0.00**	**0.00**	**787.32**
232	1.6.3.5.1 CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO 12"x24"	und	3.00	262.44	787.32
233	**1.6.4 SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN COBERTURA LIVIANA**		**0.00**	**0.00**	**17,885.45**
234	**1.6.4.1 SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL**		**0.00**	**0.00**	**17,885.45**
235	1.6.4.1.1 TUBERIA PVC SAP DE 4" PARA MONTANTES DE AGUAS PLUVIALES	m	28.00	20.29	568.12
236	1.6.4.1.2 CODO PVC SAP DE 45° x 4" EN MONTANTES PLUVIALES	und	16.00	22.41	358.56
237	1.6.4.1.3 CODO PVC SAP DE 90° x 4" EN MONTANTES PLUVIALES	und	4.00	20.61	82.44
238	1.6.4.1.4 CANALETA DE PLANCHA GALVANIZADA DE 8" CON SUJETADORES @ 0.60 m	m	67.60	232.61	15,728.48
239	1.6.4.1.5 ABRAZADERA DE MONTANTES CON PLATINA DE HIERRO	und	8.00	42.22	337.84
240	**1.7 INSTALACIONES ESPECIALES**		**0.00**	**0.00**	**169,750.59**
241	**1.7.1 SISTEMA DE RECIRCULACIÓN - CISTERNA INC CUARTO DE MAQUINAS**		**0.00**	**0.00**	**126,450.39**
242	**1.7.1.1 ESTRUCTURAS**		**0.00**	**0.00**	**16,770.99**
243	**1.7.1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS**		**0.00**	**0.00**	**1,025.28**
244	1.7.1.1.1 EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS MAT. COMPACTO	m³	10.14	51.91	526.37
245	1.7.1.1.2 RELLENO CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO	m³	4.71	32.92	155.00
246	1.7.1.1.3 PERFILADO Y COMPACTADO DE ZANJA	m²	8.73	10.12	88.15
247	1.7.1.1.4 ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PROM=30m	m³	7.59	20.96	159.28
248	1.7.1.1.5 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (E=5 KM)	m³	7.59	14.51	102.44
249	**1.7.1.2 LOSAS DE CONCRETO SIMPLE**		**0.00**	**0.00**	**3,579.33**
250	**1.7.1.2.1 SOLADOS**		**0.00**	**0.00**	**451.01**
251	1.7.1.2.1 SOLADO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:12 DE 4"	m²	8.71	46.50	405.07
252	1.7.1.2.2 CURADO DE CONCRETO	m²	8.71	3.30	28.74
253	**1.7.1.2.3 SOBRECIMIENTOS**		**0.00**	**0.00**	**1,488.38**
254	1.7.1.2.4 CONCRETO C:H 1:8 + 25% P.M. PARA SOBRECIMIENTOS	m³	1.16	390.21	452.71
255	1.7.1.2.5 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN SOBRECIMIENTOS	m²	17.36	51.75	898.38
256	1.7.1.2.3 CURADO DE CONCRETO	m²	17.36	3.30	57.33
257	**1.7.1.2.7 FALSO PISO**		**0.00**	**0.00**	**1,219.34**
258	1.7.1.1.2.3 NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL	m²	16.52	10.12	167.18
259	1.7.1.1.2.2 FALSO PISO DE CONCRETO MEZCLA C:H 1:8 DE e=10 cm	m²	16.52	60.30	997.44
260	1.7.1.1.2.3 CURADO DE CONCRETO	m²	16.52	3.30	54.52
261	**1.7.1.3 LOSAS DE CONCRETO ARMADO**		**0.00**	**0.00**	**14,835.47**
262	**1.7.1.3.1 ZAPATAS**		**0.00**	**0.00**	**1,837.31**
263	1.7.1.3.1.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA ZAPATAS	m³	2.32	530.16	1,230.91
264	1.7.1.3.1.2 ACERO f'y=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN ZAPATAS	kg	60.80	9.93	587.53
265	1.7.1.3.1.3 CURADO DE CONCRETO	m²	5.76	3.30	19.01
266	**1.7.1.3.2 VIGAS DE CONCIÓN**		**0.00**	**0.00**	**4,428.38**
267	1.7.1.3.2.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS DE CONDICIÓN	m³	2.11	570.94	1,204.68
268	1.7.1.3.2.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS DE CONDICIÓN	m²	16.92	79.21	1,321.75
269	1.7.1.3.2.3 ACERO f'y=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS DE CONDICIÓN	m²	206.72	9.93	1,846.15
270	1.7.1.3.2.4 CURADO DE CONCRETO	m²	16.92	3.30	55.77
271	**1.7.1.3.3 COLUMNAS**		**0.00**	**0.00**	**3,491.12**
272	1.7.1.3.3.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA COLUMNAS	m³	0.96	631.09	605.85
273	1.7.1.3.3.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	m²	12.48	64.74	807.99
274	1.7.1.3.3.3 ACERO f'y=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNAS	kg	228.01	9.93	2,036.12
275	1.7.1.3.3.4 CURADO DE CONCRETO	m²	12.48	3.30	41.18
276	**1.7.1.3.4 VIGAS**		**0.00**	**0.00**	**4,431.71**
277	1.7.1.3.4.1 CONCRETO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS	m³	1.69	631.09	1,066.54
278	1.7.1.3.4.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	m²	17.32	89.90	1,556.77
279	1.7.1.3.4.3 ACERO f'y=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN VIGAS	kg	194.64	9.93	1,738.14
280	1.7.1.3.4.4 CURADO DE CONCRETO	m²	17.32	3.30	57.26
281	**1.7.1.3.5 COLUMNETAS DE MONTANTES DE AGUAS PLUVIALES**		**0.00**	**0.00**	**458.83**
282	1.7.1.3.5.1 CONCRETO f'c=175 kg/cm2 PARA COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	m³	0.11	530.63	61.22
283	1.7.1.3.5.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNETAS DE MONTANTES	m²	2.02	64.74	130.74
284	1.7.1.3.5.3 ACERO f'y=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN COLUMNETAS DE MONTANTES PLUVIALES	kg	21.74	9.93	194.14
285	1.7.1.3.5.4 CURADO DE CONCRETO	m²	2.02	3.30	8.33
286	**1.7.1.4 ARQUITECTURA**		**0.00**	**0.00**	**21,663.22**
287	**1.7.1.2 MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERÍA**		**0.00**	**0.00**	**2,320.55**
288	1.7.1.2.1 MURO SOGA DE LADRILLO KING KONG CIMCRTERO MEZCLA C:M 1:5	m²	19.05	117.45	2,233.95
289	1.7.1.2.2 TARRAJEO EN INTERIOR, CIMCRTERO CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL SUPERFICIE	m²	17.33	50.04	1,586.60
290	**1.7.1.2.3 REVOQUES Y REVESTIMIENTOS**		**0.00**	**0.00**	**3,147.79**
291	1.7.1.2.3.1 TARRAJEO EN MUROS, INTERIOR Y EXTERIOR CIMCRTERO MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	46.68	31.80	1,485.76
292	1.7.1.2.2.1 TARRAJEO DE SUPERFICIE DE COLUMNAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	11.38	36.80	418.78
293	1.7.1.2.2.1 TARRAJEO DE SUPERFICIE DE VIGAS, INC. ARISTAS, MEZCLA C:M 1:5, e=1.5 cm	m²	13.77	40.18	553.28
294	1.7.1.2.2 REVESTIDURA DE DERRAMES EN VANOS, MEZCLA C:M 1:5, A=0.15 m, e=1.5 cm	m	30.99	30.24	630.42
295	1.7.1.2.3 SILLAS	m	28.80	2.18	62.89
296	**1.7.1.3 CIELORRASOS**		**0.00**	**0.00**	**1,016.36**
297	1.7.1.3.3 CIELORRASO CON BALDOSA ACÚSTICA	m²	14.48	120.66	1,016.36
298	**1.7.1.4 PISOS Y PAVIMENTOS**		**0.00**	**0.00**	**5,978.77**
299	**1.7.1.4.1 CONTRAPISOS**		**0.00**	**0.00**	**740.57**
300	1.7.1.2.4.1 CONTRAPISO DE 50 mm, MEZCLA C:H 1:5	m²	16.52	44.83	740.57
301	**1.7.1.4.2 PISOS**		**0.00**	**0.00**	**1,295.99**
302	1.7.1.3.4.2 PISO DE CERAMICO ANTIDESLIZANTE DE 40x40 cm DE COLOR	m²	16.52	78.45	1,295.99
303	**1.7.1.4.3 VEREDAS**		**0.00**	**0.00**	**3,932.21**
304	1.7.1.2.4.3 NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL	m²	27.41	10.12	277.38
305	1.7.1.2.4.3 IMPRIMACION DE VEREDAS	m²	27.41	27.22	746.01
306	1.7.1.2.4.3 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VEREDAS	m²	7.94	55.55	441.07
307	1.7.1.2.4.3 VEREDA DE CONCRETO f'c=175 kg/cm2 e=0.10 m INC. BRUÑAS	m²	27.41	71.44	1,958.13
308	1.7.1.2.4.3 JUNTAS ASFALTICAS	m	48.30	8.67	418.76
309	1.7.1.2.4.3 CURADO DE CONCRETO	m²	27.41	3.30	90.45
310	**1.7.1.2.5 ZOCALOS Y CONTRAZOCALOS**		**0.00**	**0.00**	**388.05**
311	1.7.1.2.5.1 CONTRAZOCALO DE CERAMICO h=10 cm	m	15.80	24.56	388.05
312	**1.7.1.2.6 CARPINTERIA DE MADERA**		**0.00**	**0.00**	**4,039.27**
313	1.7.1.2.6.1 PUERTAS DE MADERA DE TABLERO RESALADO AGUANO INC. MARCO	m²	1.89	757.56	1,431.79
314	1.7.1.2.6.2 VENTANAS DE MADERA AGUANO	m²	6.60	380.30	2,509.48
315	**1.7.1.2.7 CERRAJERIA**		**0.00**	**0.00**	**201.00**
316	1.7.1.2.7.1 BISAGRA ALUMINIZADA CAPUCHINA DE 4"x4"	und	4.00	36.81	147.48
317	1.7.1.2.7.2 CERRADURA PARA PUERTA EXTERIOR TIPO PARCHE 3 GOLPES	und	1.00	143.61	143.61
318	**1.7.1.2.9 VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES**		**0.00**	**0.00**	**591.91**
319	1.7.1.2.9.1 VIDRIO LAMINADO DE 6mm	m²	3.40	174.09	591.91
320	**1.7.1.2.9 PINTURA**		**0.00**	**0.00**	**1,588.80**
321	1.7.1.2.9.1 PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES 2 MANOS	m²	23.34	13.64	318.36
322	1.7.1.2.9.2 PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES 2 MANOS	m²	40.61	17.10	697.46
323	1.7.1.2.9.3 PINTURA LATEX EN INTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS	m²	11.53	13.64	157.27



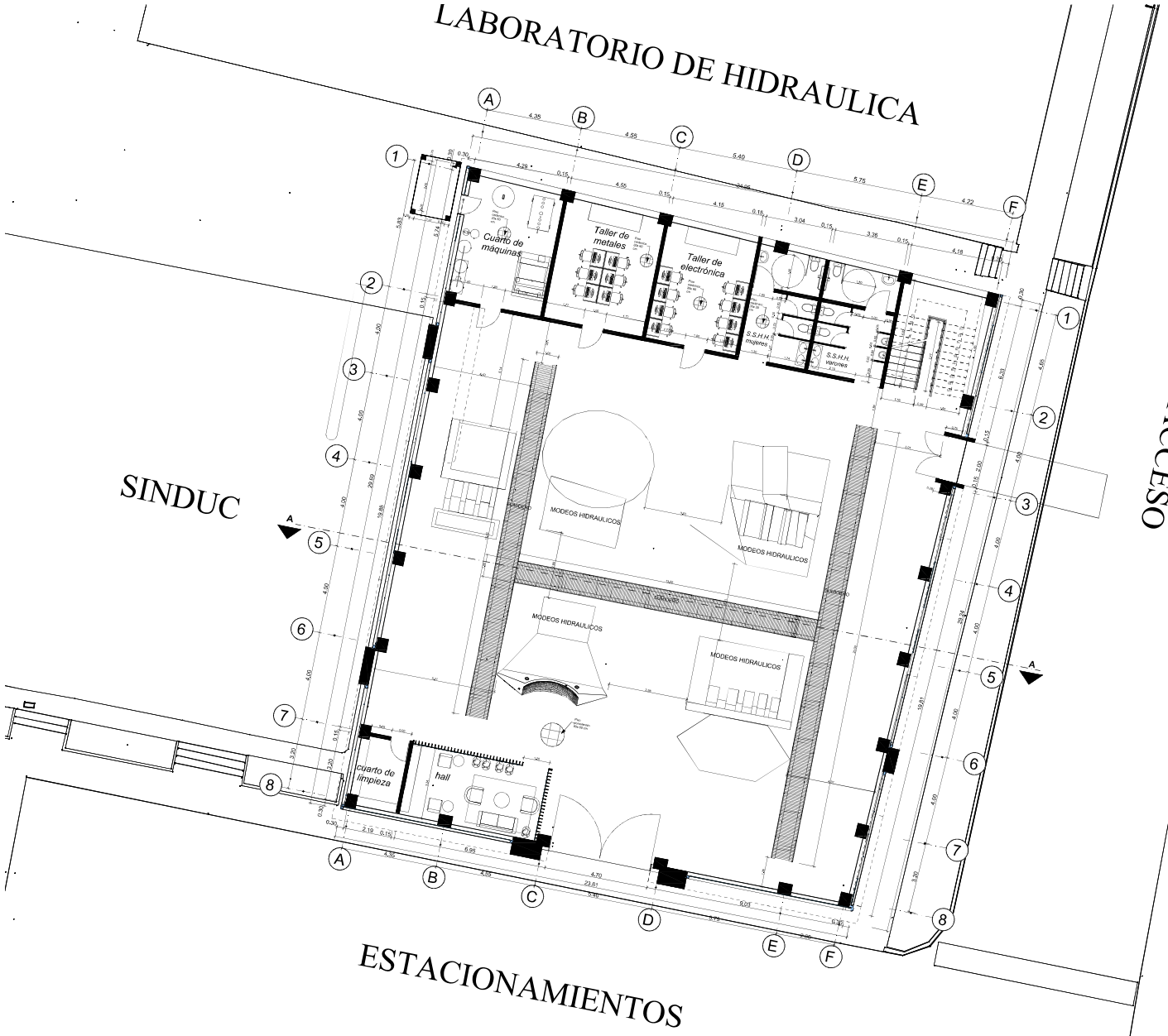
334	1.7.1.2.6 PINTURA LATEX EXTERIOR EN COLUMNAS Y VIGAS 2 MANOS	m²	13.62	17.00	232.22
335	1.7.1.2.8 PINTURA BARNIZ EN PUERTAS DE MADERA	m²	1.60	22.22	42.01
336	1.7.1.2.9 PINTURA BARNIZ EN VENTANAS DE MADERA	m²	6.90	17.62	121.58
337	**1.7.1.3 INSTALACIONES ELECTRICAS**		**0.00**	**0.00**	**3,917.18**
338	**1.7.1.3.1 SALIDAS PARA ALUMBRADO, TOMACORRIENTES Y FUERZA**		**0.00**	**0.00**	**3,917.18**
339	**1.7.1.3.1.1 SALIDAS**		**0.00**	**0.00**	**1,102.38**
330	1.7.1.3.1.1.1 SALIDA DE CENTRO DE LUZ EN TECHO	pto	4.00	97.46	389.84
331	1.7.1.3.1.1.2 SALIDA DE PARED PARA INTERRUPTOR DOBLE	pto	1.00	114.64	114.64
332	1.7.1.3.1.1.3 SALIDA TOMACORRIENTE DOBLE CON PUESTA A TIERRA PARED/TECHO	pto	5.00	119.54	597.70
333	**1.7.1.3.1.2 CANALIZACIONES, CONDUCTOS O TUBERÍAS**		**0.00**	**0.00**	**339.16**
334	1.7.1.3.1.2.1 TUBERIA PVC-P PESADO DE 20 mm.	m	53.60	6.14	329.10
335	**1.7.1.3.1.3 CONDUCTORES Y CABLES DE ENERGÍA EN TUBERÍAS**		**0.00**	**0.00**	**564.31**
336	1.7.1.3.1.3.1 CONDUCTOR NH-80 DE 2.5 mm2	m	22.00	4.62	101.67
337	1.7.1.3.1.3.2 CONDUCTOR NH-80 DE 4 mm2	m	41.27	5.51	227.40
338	1.7.1.3.1.3.3 CONDUCTOR NOVI DE 4 mm2	m	94.50	6.72	635.04
339	**1.7.1.3.1.4 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN**		**0.00**	**0.00**	**215.33**
340	1.7.1.3.1.4.1 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CAJA METÁLICA DE 8 POLOS	und	1.00	215.33	215.33
341	**1.7.1.3.1.5 DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN**		**0.00**	**0.00**	**496.14**
342	1.7.1.3.1.5.1 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x30A	und	1.00	60.26	60.26
343	1.7.1.3.1.5.2 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2x20A	und	2.00	66.06	132.12
344	1.7.1.3.1.5.3 INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE 2x25A	und	1.00	267.36	267.36
345	**1.7.1.4 INSTALACIONES SANITARIAS**		**0.00**	**0.00**	**85,000.00**
346	1.7.1.4.1 MOTORES Y EQUIPAMIENTO CUARTO DE MAQUINAS	glb	1.00	85,000.00	85,000.00
347	**1.7.2 INSTALACIONES ELECTRONICAS PARA EQUIPOS HIDROMETRICOS**		**0.00**	**0.00**	**21,300.00**
348	1.7.2.1 INSTALACIONES ELECTRONICAS PARA EQUIPOS HIDROMETRICOS	glo	60.00	355.00	21,300.00
349	**1.8 MOVILIARIO Y EQUIPAMIENTO**		**0.00**	**0.00**	**990,000.00**
350	**1.8.1 MOVILIARIO UNIVERSITARIO**		**0.00**	**0.00**	**90,000.00**
351	**1.8.1.1 OFICINA DE JEFE DE LABORATORIO**		**0.00**	**0.00**	**15,000.00**
352	1.8.1.1.1 EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE JEFE DE LABORATORIO	gbl	1.00	15,000.00	15,000.00
353	**1.8.1.2 OFICINA DE JEFE DE INVESTIGACION**		**0.00**	**0.00**	**15,000.00**
354	1.8.1.2.1 EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE JEFE DE INVESTIGACION	gbl	1.00	15,000.00	15,000.00
355	**1.8.1.3 OFICINA DE INVESTIGACION - ALUMNOS**		**0.00**	**0.00**	**15,000.00**
356	1.8.1.3.1 EQUIPAMIENTO DE OFICINA DE INVESTIGACION - ALUMNOS	gbl	1.00	15,000.00	15,000.00
357	**1.8.1.4 TALLER DE METALES**		**0.00**	**0.00**	**15,000.00**
358	1.8.1.4.1 EQUIPAMIENTO DE TALLER DE METALES	gbl	1.00	15,000.00	15,000.00
359	**1.8.1.5 TALLER DE ELECTRONICA**		**0.00**	**0.00**	**15,000.00**
360	1.8.1.5.1 EQUIPAMIENTO DE TALLER DE ELECTRONICA	gbl	1.00	15,000.00	15,000.00
361	**1.8.1.6 HALL - RECEPCION**		**0.00**	**0.00**	**15,000.00**
362	1.8.1.6.1 EQUIPAMIENTO DE HALL - RECEPCION	gbl	1.00	15,000.00	15,000.00
363	**1.8.2 EQUIPAMIENTO DE LABORATORIO**		**0.00**	**0.00**	**900,000.00**
364	**1.8.2.1 EQUIPOS HIDROMETRICOS**		**0.00**	**0.00**	**720,000.00**
365	1.8.2.1.1 SUMINISTRO E INSTALACION DE EQUIPOS HIDROMETRICOS	und	60.00	12,000.00	720,000.00
366	**1.8.2.2 MODELOS HIDRAULICOS A ESCALA**		**0.00**	**0.00**	**180,000.00**
367	1.8.2.2.1 FABRICACION E INSTALACION DE MODELOS HIDRAULICOS A ESCALA	und	4.00	45,000.00	180,000.00
368	**1.9 TRABAJOS FINALES DE OBRA Y OTROS**		**0.00**	**0.00**	**68,716.91**
369	**1.9.1 IMPACTO AMBIENTAL**		**0.00**	**0.00**	**7,470.00**
370	1.9.1.1 CONTENEDORES HERMÉTICOS DE COLORES	und	4.00	180.00	720.00
371	1.9.1.2 CHARLAS DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL	mes	8.00	750.00	6,000.00
372	1.9.1.3 MONITOREO AMBIENTAL	mes	1.00	750.00	750.00
373	**1.9.2 PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO**		**0.00**	**0.00**	**12,000.00**
374	1.9.2.1 PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO	und	1.00	12,000.00	12,000.00
375	**1.9.3 TRABAJOS FINALES DE OBRA**		**0.00**	**0.00**	**9,432.00**
376	1.9.3.1 DESMONTAJE DE OBRAS PROVISIONALES	glb	1.00	2,000.00	2,000.00
377	1.9.3.2 LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m²	1,800.00	2.47	4,446.00
378	1.9.3.3 TRANSPORTE DE MATERIAL DESMONTADO	glb	1.00	2,000.00	2,000.00
379	1.9.3.4 PLACA RECORDATORIA	und	1.00	986.00	986.00
380	**1.9.4 PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD**		**0.00**	**0.00**	**15,538.83**
381	1.9.4.1 VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE	und	2.00	600.00	1,200.00
382	1.9.4.2 DISEÑO DE MEZCLAS	und	6.00	550.00	3,300.00
383	1.9.4.3 PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA CONCRETO	und	60.00	50.00	3,000.00
384	1.9.4.4 PRUEBA DE DENSIDAD DE CAMPO	und	24.00	60.00	1,440.00
385	1.9.4.5 ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	und	2.00	350.00	700.00
386	1.9.4.6 PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA SOLDADURA	und	20.00	250.00	5,000.00
387	1.9.4.7 PRUEBAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y PUESTA EN SERVICIO	und	1.00	1,218.03	1,218.03
388	**1.9.5 FLETE TERRESTRE**		**0.00**	**0.00**	**24,250.00**
389	1.9.5.1 FLETE TERRESTRE CUSCO - UNSAAC	glb	1.00	24,250.00	24,250.00



ANEXO 11:

PLANOS

ANEXO 11.01:
PLANOS GENERALES



PLANO EN PLANTA - LABORATORIO DE HIDRAULICA - PLANO CLAVE

ESC. 1 : 100



RENDERS FRONTAL REALISTA

ESC. 1 : 25



RENDERS INTERIOR FRONTAL

ESC. 1 : 25



RENDERS INTERIOR LATERAL

ESC. 1 : 25



MODELADO 3D

ESC. 1 : 25

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: PLANO CLAVE DEL PROYECTO

PLANO: PC-01

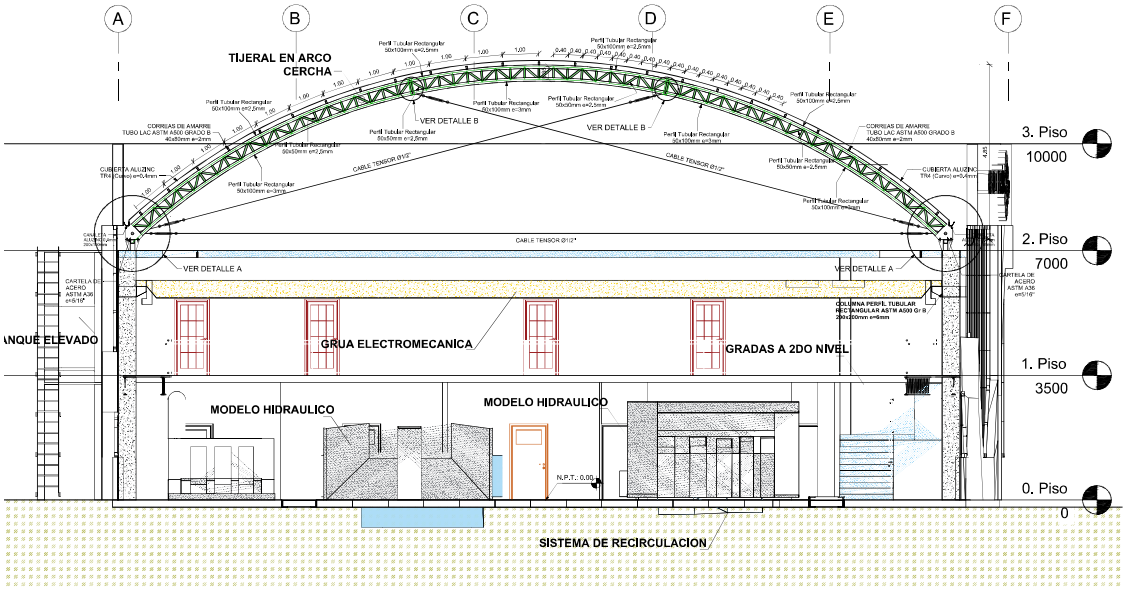
FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

REGIÓN: CUSCO
PROVINCIA: CANAS
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PERAYOC-UNSAAC

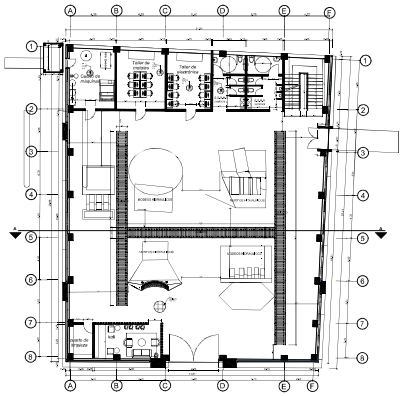
TESISTAS: BACH. VEIP MEP

ANEXO 11.02:
PLANOS ARQUITECTONICOS



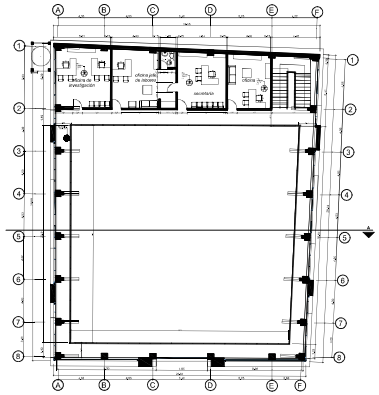
VISTA FRONTAL LABORATORIO DE HIDRAULICA

ESC. 1 : 75



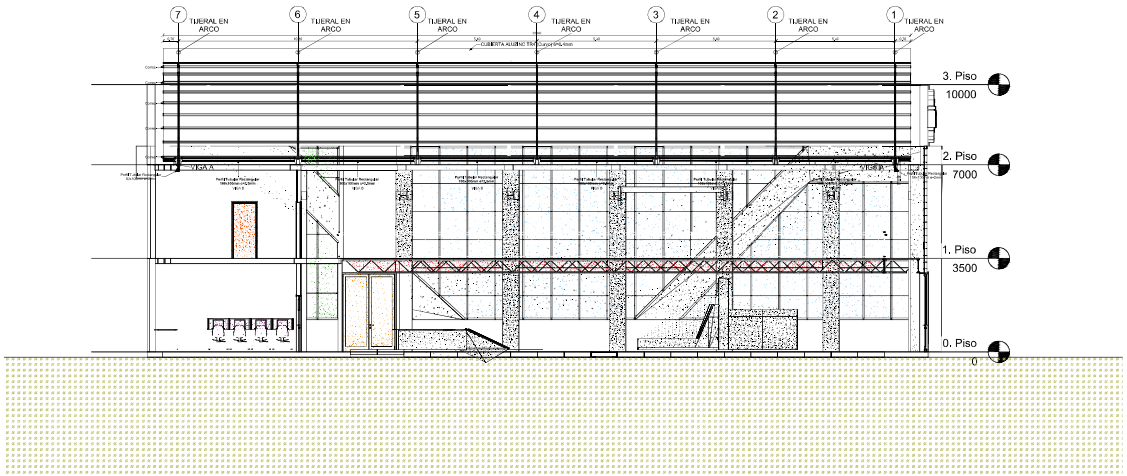
PLANO EN PLANTA PRIMER NIVEL LABORATORIO DE HIDRAULICA

ESC. 1 : 250



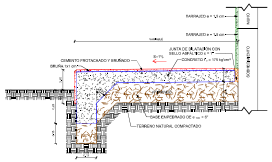
PLANO EN PLANTA SEGUNDO NIVEL LABORATORIO DE HIDRAULICA

ESC. 1 : 250



VISTA LATERAL LABORATORIO DE HIDRAULICA

ESC. 1 : 100



DETALLE DE VEREDA EN CORTE

ESC. 1 : 10



VISTA INTERIOR LABORATORIO DE HIDRAULICA

CUADRO DE VANOS - PUERTAS				
PUERTA	CANTIDAD	ANCHO	ALTO	DESCRIPCIÓN
PM-1	2	2.49	2.85	PUERTA METÁLICA CORREDIZA SUB CONTRATA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: PLANTA DE DISTRIBUCION Y CORTES LABORATORIO DE HIDRAULICA

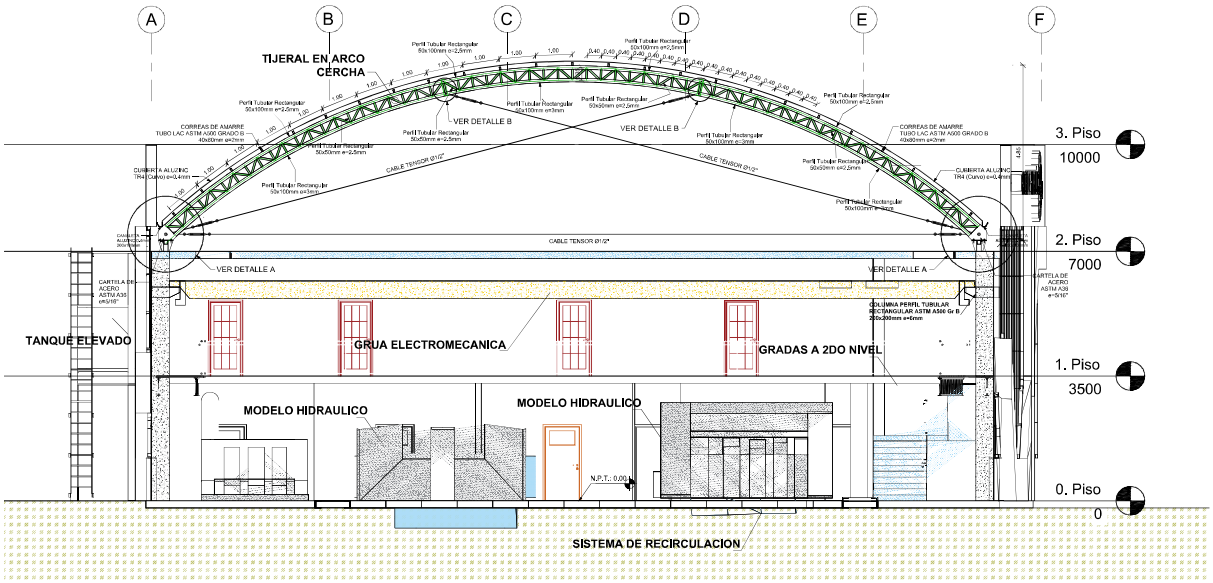
PLANO: AR-01

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

REGION: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: AQUAVOCANSAC

TESISTAS: BACH. VERIP ARCE



ELEVACION FRONTAL LABORATORIO DE HIDRAULICA

ESC. 1 : 75



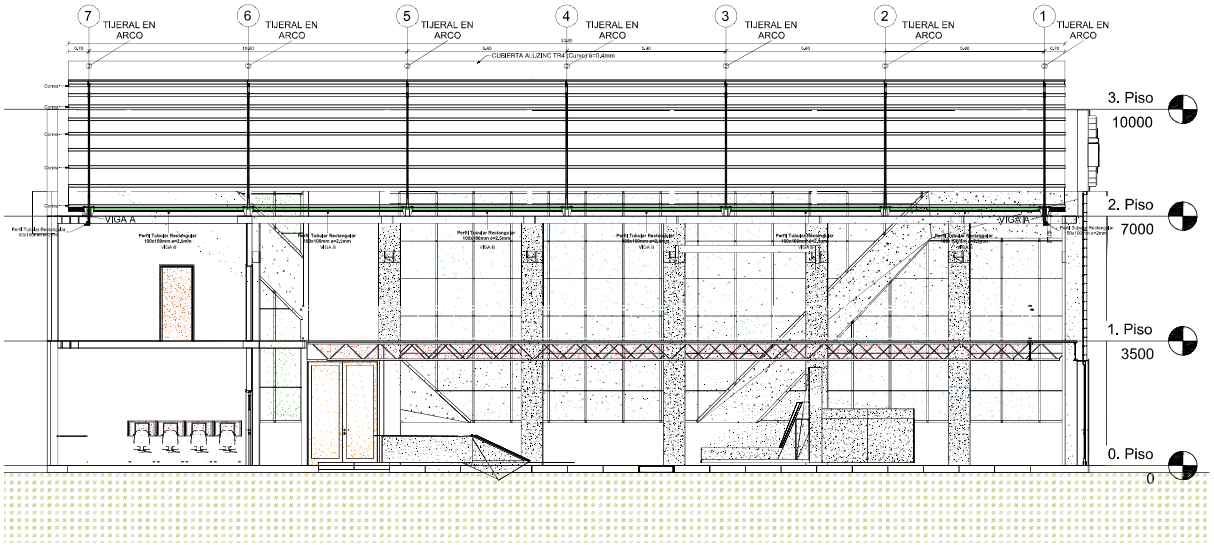
ELEVACION LATERAL 3D LABORATORIO DE HIDRAULICA

ESC. 1 : 75



ELEVACION FRONTAL 3D LABORATORIO DE HIDRAULICA

ESC. 1 : 75



ELEVACION LATERAL LABORATORIO DE HIDRAULICA

ESC. 1 : 75



VISTA ISOMETRICA LABORATORIO DE HIDRAULICA

ESC. 1 : 75

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: ELEVACIONES Y VISTAS 3D LABORATORIO DE HIDRAULICA

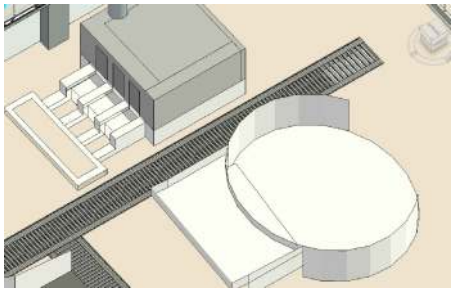
PLANO: AR-02

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

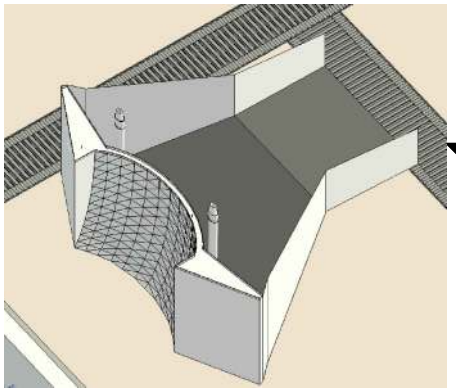
ESCALA: INDICADAS

REGION: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: AQUAVOCANSA SC

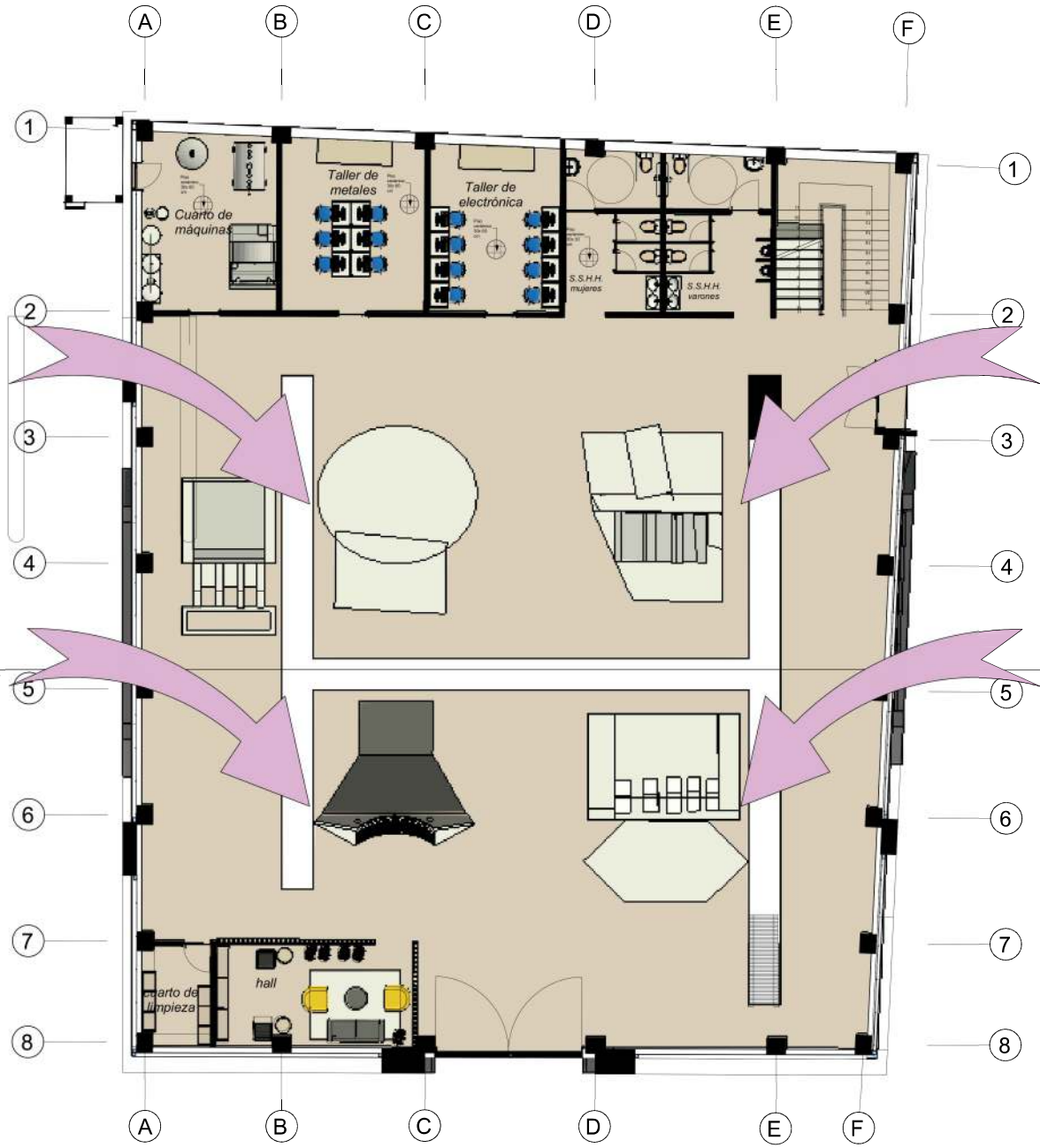
TESISTAS: BACA VERA P. ARCE



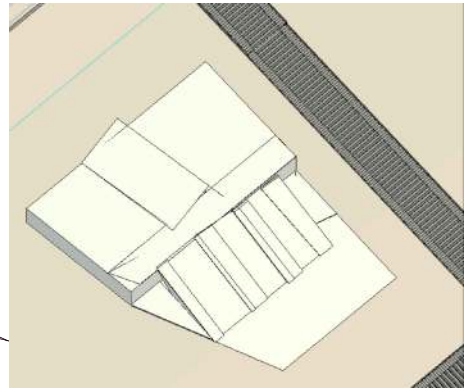
VISTA 3D MODELOS HIDRAULICOS
ESC. 1 : 75



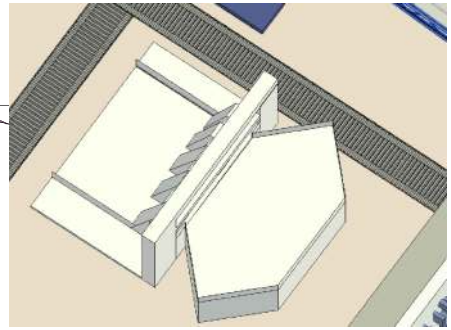
VISTA 3D MODELOS HIDRAULICOS
ESC. 1 : 75



PLANO EN PLANTA LABORATORIO DE HIDRAULICA
ESC. 1 : 75



VISTA 3D MODELOS HIDRAULICOS
ESC. 1 : 75



VISTA 3D MODELOS HIDRAULICOS
ESC. 1 : 75

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: DETALLES 3D MODELOS HIDRAULICOS A ESCALA

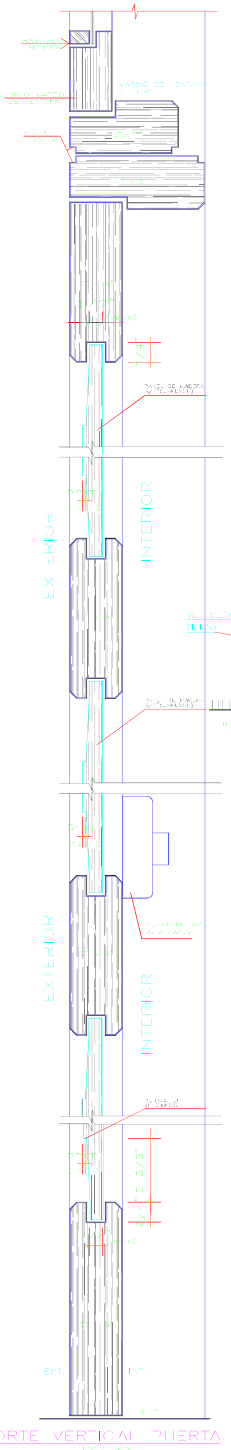
PLANO: DE-01

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

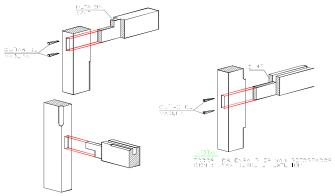
ESCALA: INDICADAS

REGION: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PERAYOC-CUSIJAC

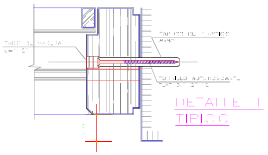
TESISTAS: BACH. VELIP IMCP

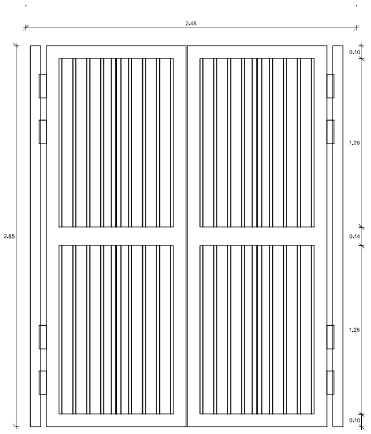


CORTE VERTICAL PUERTA



CAJA Y ESPIGA EN UNIONES DE PUERTAS





DETALLE DE PUERTA PM-1

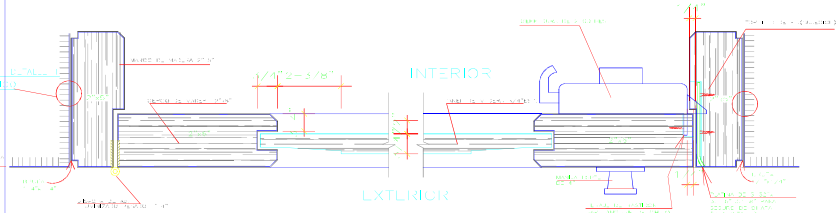
ESC. 1 : 20

ESPECIFICACIONES CARPINTERÍA

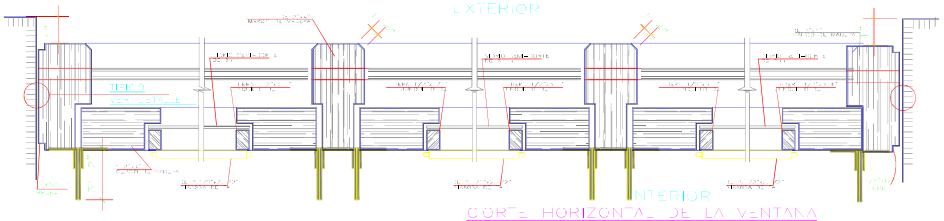
- Las medidas son terminadas.
- La madera ha emplearse debe ser aguano, debe estar seca para la habilitación y debe estar autorizada por el inspector/supervisor.
- La madera debe entregarse bien lijado, pulido y fino.
- Aplicar 2 manos de barniz marino y laca.

CUADRO DE VANOS - PUERTAS

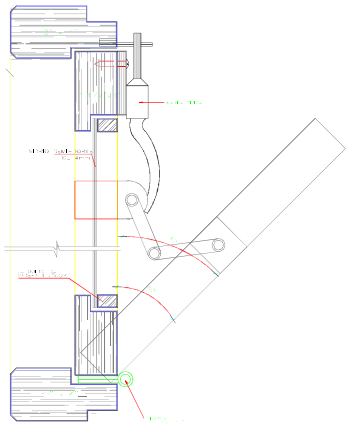
PUERTA	CANTIDAD	ANCHO	ALTO	DESCRIPCIÓN
PM-1	2	2.49	2.85	PUERTA METÁLICA CORREDIZA SUB CONTRATA



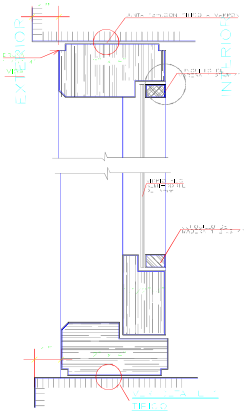
CORTE HORIZONTAL DE LAS PUERTAS SIMPLES



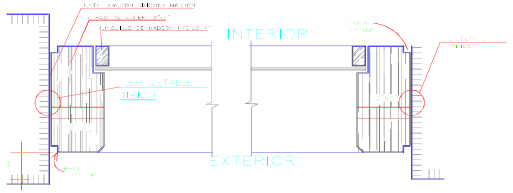
CORTE HORIZONTAL DE LA VENTANA



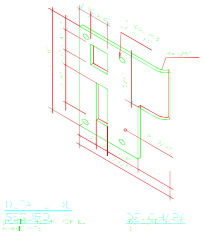
CORTE VERTICAL DE VENTANA-SSHH



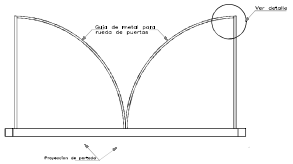
CORTE VERTICAL DE VENTANA



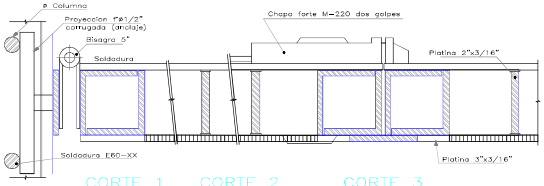
CORTE HORIZONTAL DE LA SOBREVENTANA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"	
BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA	
PLANO: DETALLES DE VANOS CARPINTERIA	PLANO: DE-02
FECHA: SETIEMBRE DEL 2024	ESCALA: INDICADAS
REGIÓN: CUSCO PROVINCIA: CUSCO DISTRITO: CUSCO LOCALIDAD: WANCHAQ/SAN JC	TESISTAS: BACH.VEHP AMCP

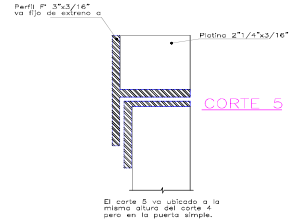


PLANTA
ESCALA : 1/25



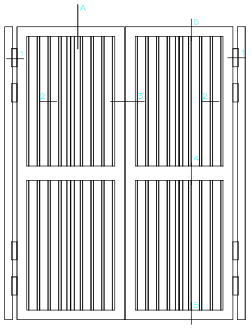
CORTE 1 CORTE 2 CORTE 3

SECCION HORIZONTAL
ESCALA : 1/2

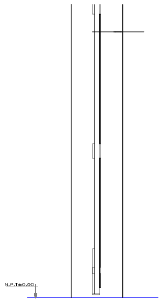


CORTE 5

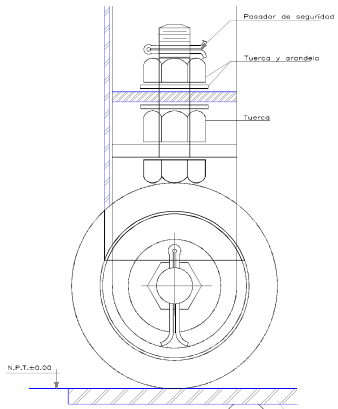
El corte 5 va ubicado a la misma altura del corte 4. pero en la puerta simple.



ELEVACION



SECCION A-A

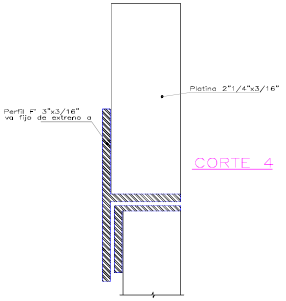


DETALLE 1
RUEDA

NOTAS :

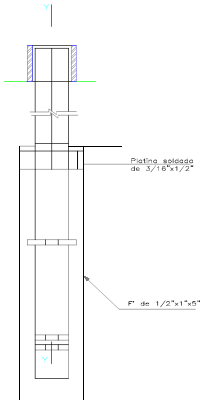
ELIMINAR OXIDO Y GRASA DE LA SUPERFICIE.
PROTECCION CON DOS CAPAS DE PINTURA ANTICORROSIVA

ACABADO CON PINTURA ESMALTE COLOR NEGRO MATE.
PARA PICAPORTE SE UTILIZARA CANDADO TIPO FORTE DE 2 1/2".

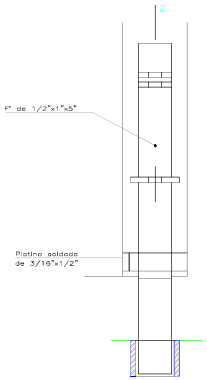


CORTE 4

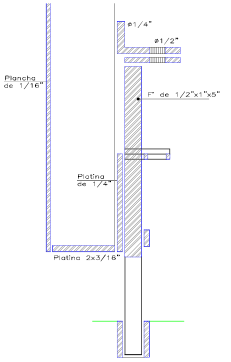
El corte 5 va ubicado a la misma altura del corte 4. pero en la puerta simple.



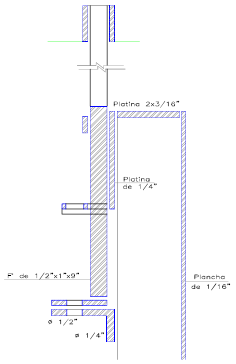
DETALLE 3
ESCALA : 1/2



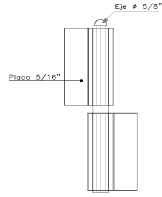
DETALLE 2
CERROJO



CORTE Z-Z



CORTE Y-Y



DETALLE DE BISAGRA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

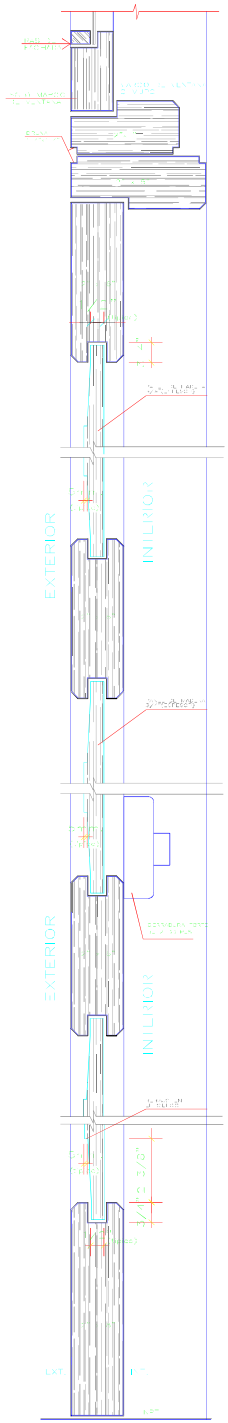
TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

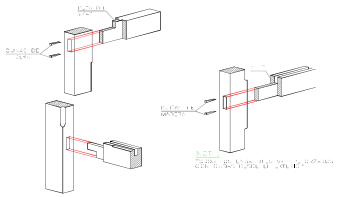
PLANO: DETALLES DE PUERTA METALICA

PLANO: DE-03

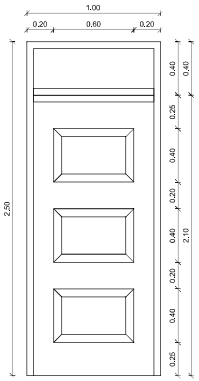
FECHA:	ESCALA:	REGION: CUSCO PROVINCIA: CUSCO DISTRITO: CUSCO LOCALIDAD: PERAYOC-CUSCO-C	BACH. VELIZ NIEL
SETIEMBRE DEL 2024	INDICADA		



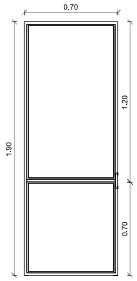
CORTE VERTICAL PUERTA



CAJA Y ENTREGA EN BISAGUERAS DE PUERTAS



PUERTA P-1
ESC. 1 : 20



PUERTA P-2
ESC. 1 : 20



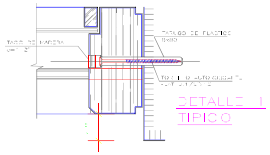
VENTANA V-1
ESC. 1 : 20

CUADRO DE VANOS - PUERTAS

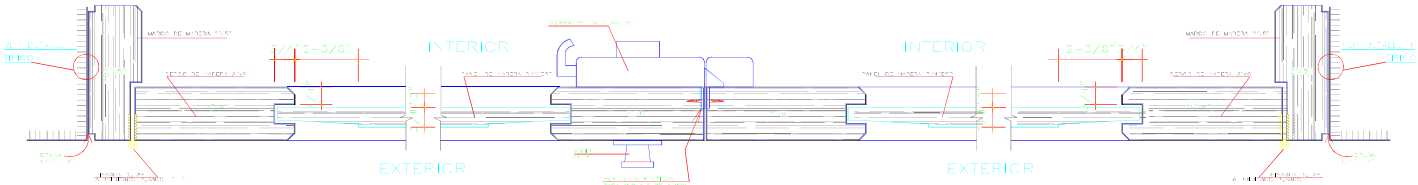
PUERTA	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	MATERIAL	OBSERVACIONES
P-1	1.00	2.50	2	CARPINTERIA DE MADERA - Tablero Rebajado con Ventana Superior	UNA HOJA - Giro 90° al Interior
P-2	0.70	1.90	4	CARPINTERIA DE MADERA - Tablero Aglomerado Melamina	UNA HOJA - Giro 90° al Interior

CUADRO DE VANOS - VENTANAS

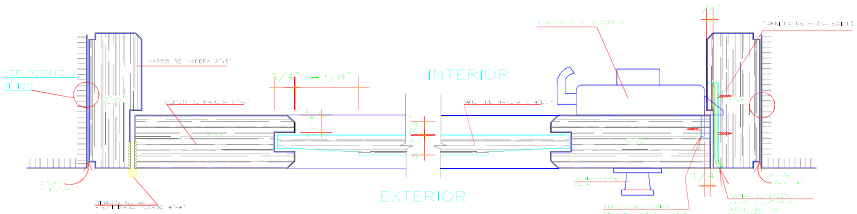
VENTANA	ANCHO	ALTO	ALFÉIZAR	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
V-1	1.15	0.50	2.00	4	CARPINTERIA DE MADERA con Vidrio Laminado de 6mm



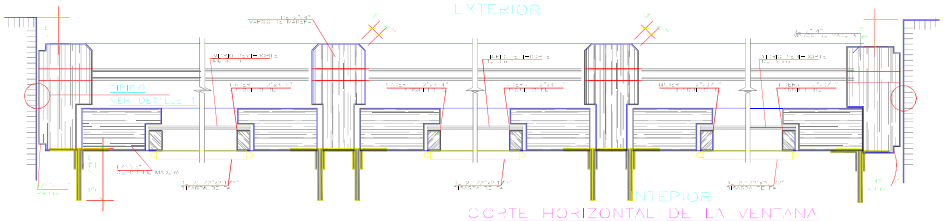
DETALLE 1 TIPICO



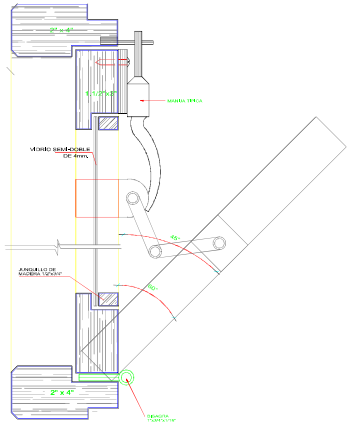
CORTE HORIZONTAL DE LA PUERTAS DOBLES



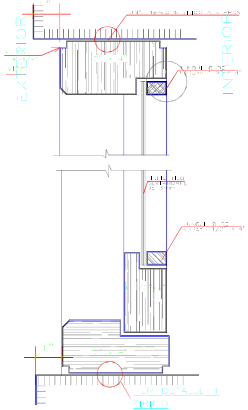
CORTE HORIZONTAL DE LAS PUERTAS SIMPLES



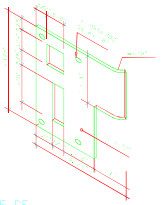
CORTE HORIZONTAL DE LA VENTANA



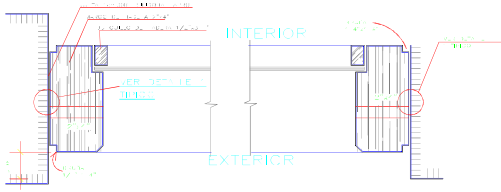
CORTE VERTICAL DE VENTANA-SSHH



CORTE VERTICAL DE VENTANA



DETALLE DE



CORTE HORIZONTAL DE LA SOLEVENTANA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, 2024".

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: CARPINTERIA DE MADERA -DETALLES DE PUERTAS Y VENTANAS

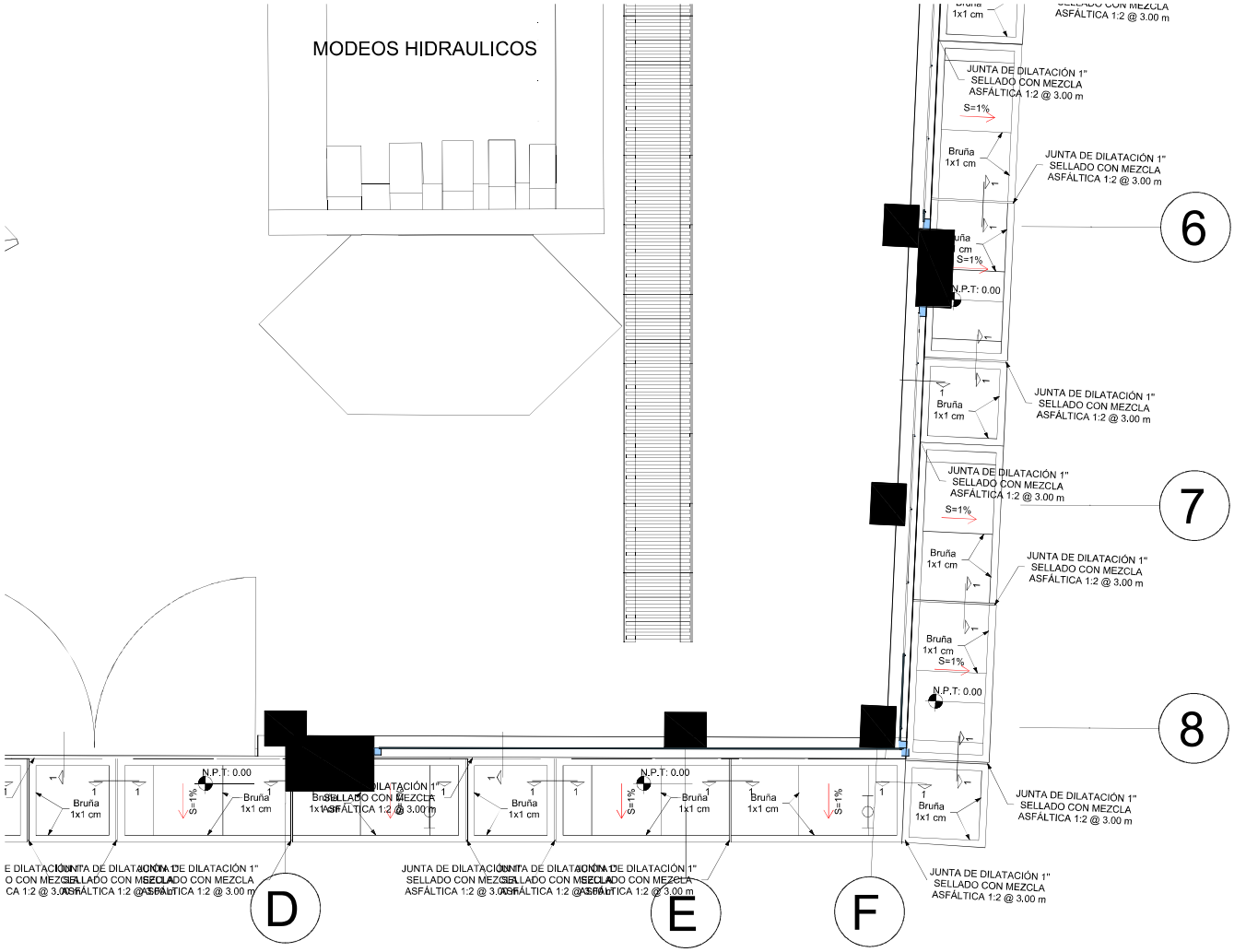
PLANO: DE-04

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

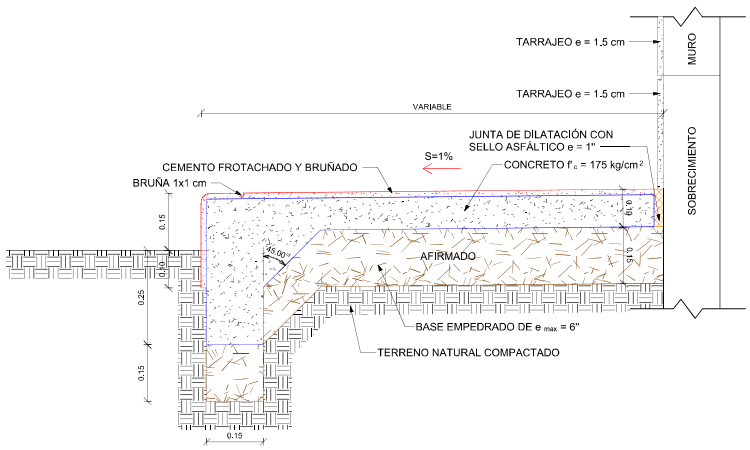
REGIÓN: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PERAYOC/SINAMC

TESISTAS: BACH. VGHP NIKF



DETALLE DE VEREDA EN PLANTA

ESC. 1 : 50



DETALLE DE VEREDA EN CORTE

ESC. 1 : 10

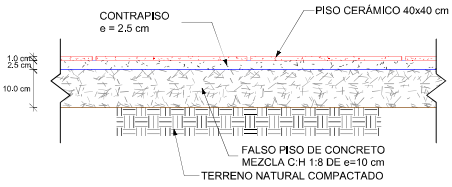
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

VEREDAS

- Concreto	: f'_c = 175 kg/cm²
- Juntas de dilatación	: junta asfáltica @ 3.00 m, e = 1"
- Empedrado de base	: piedra mediana $e_{máx}$ = 6"

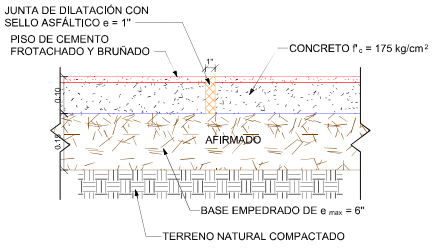
PISOS

- Falso pisos y contrapisos	: Concreto C:H 1:8
- Empedrado de base	: piedra mediana $e_{máx}$ = 6"
- Piso Cerámico	: Antideslizante de 40x40 cm



PISO CERÁMICO

ESC. 1 : 10



JUNTA DE DILATACIÓN 1-1

ESC. 1 : 10

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

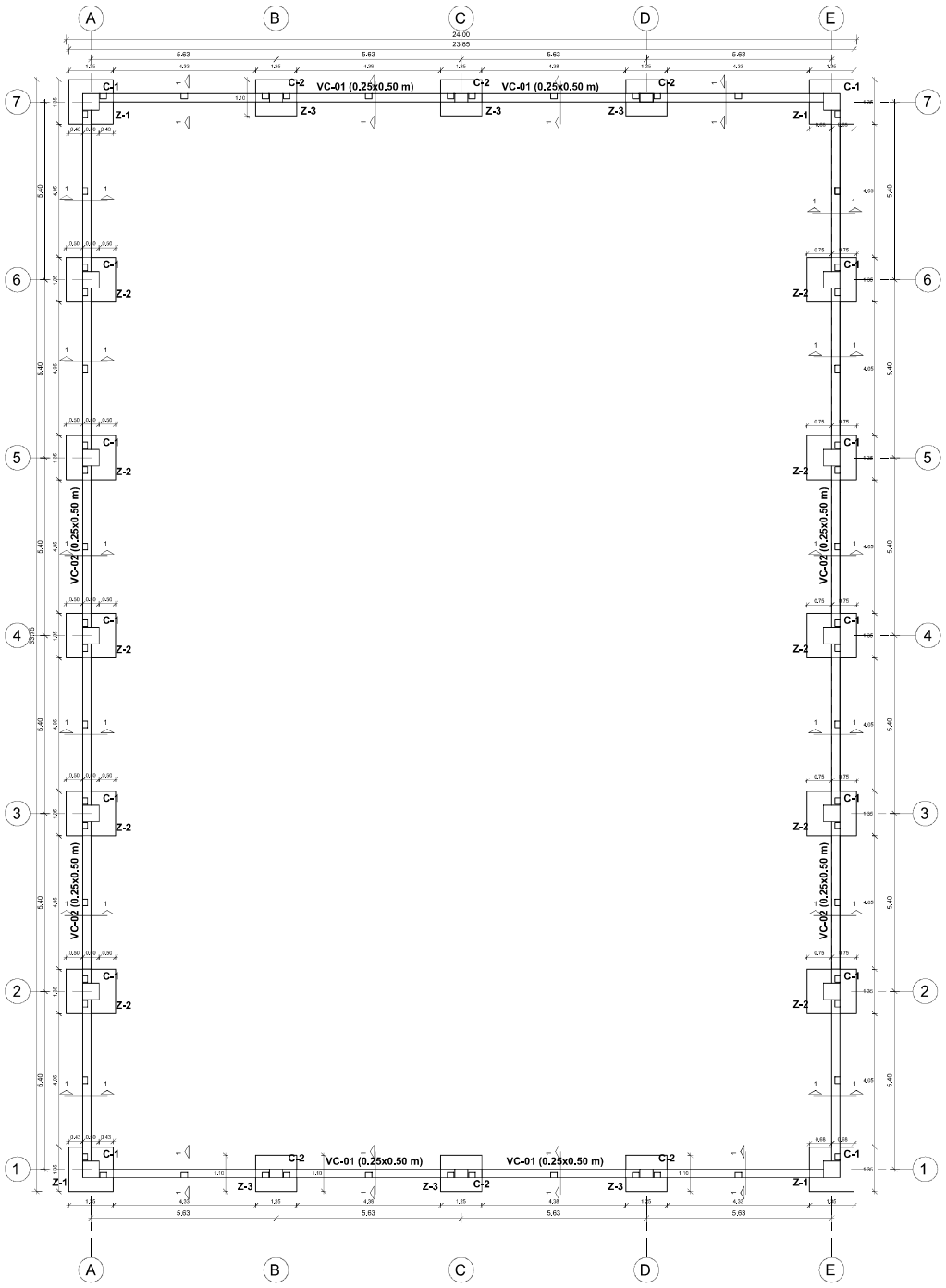
BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: DETALLES DE PISOS Y VEREDAS

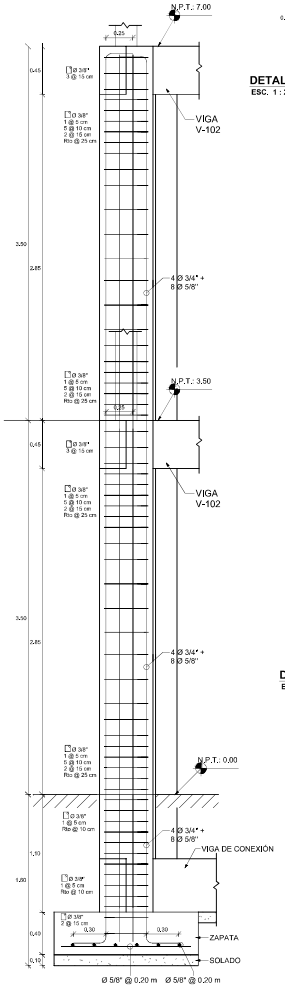
PLANO: DE-05

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024	ESCALA: INDICADAS	REGIÓN: CUSCO PROVINCIA: CUSCO DISTRITO: CUSCO LOCALIDAD: PERAYOC-UNSAAC	TESISTAS: BACH. VEHP /MICF

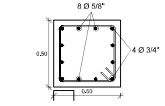
ANEXO 11.03:
PLANOS ESTRUCTURALES



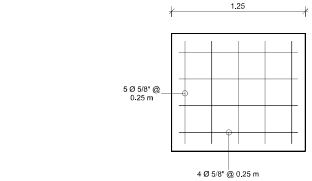
PLANTA DE CIMENTACIONES
ESC. 1 : 75



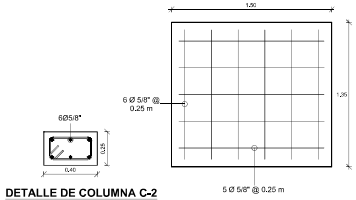
DETALLE DE ARMADO DE COLUMNNAS C-1 ELEVACIÓN
ESC. 1 : 25



DETALLE DE COLUMNA C-1
ESC. 1 : 20

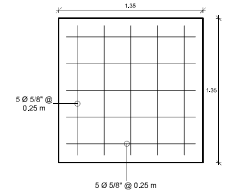


DETALLE DE ZAPATA Z-3 EN PLANTA
ESC. 1 : 25



DETALLE DE COLUMNA C-2
ESC. 1 : 20

DETALLE DE ZAPATA Z-2 EN PLANTA
ESC. 1 : 25



DETALLE DE ZAPATA Z-1 EN PLANTA
ESC. 1 : 25

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.0. PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

1.1. CARGAS VIVAS
SOBRECARGA DE TECHO: 30 kg/m²

2.0. MATERIALES DE LA ESTRUCTURA

2.1. CONCRETO SIMPLE

CIMIENTOS CORRIDOS	C:H 1:10 + 30%PG
SOBRECIMIENTOS	C:H 1:8 + 25%PM
FALSO PISO	C:H: 1:12
SOLADO	C:H: 1:12

2.2. CONCRETO ARMADO

COLUMNAS:	f'_c = 210 kg/cm²
COLUMNAS DE AMARRE:	f'_c = 175 kg/cm²
VIGAS:	f'_c = 210 kg/cm²
ZAPATAS:	f'_c = 210 kg/cm²

2.3. VARILLAS DE REFUERZO DE ACERO

ACERO CORRUGADO - GRADO 60: f_y = 4200 kg/cm²
EMPALMES DE FIERRO

VIGAS	As (-) : Tercio Central As (+) : a L/4
COLUMNAS	A 2L/3 (Tramo Central)

3.0. RECUBRIMIENTOS

ZAPATAS	= 7.00 cm
VIGAS	= 4.00 cm
COLUMNAS	= 4.00 cm
LOSA ALIGERADA	= 2.00 cm
VIGAS DE BORDE	= 2.00 cm
COLUMNAS DE AMARRE	= 2.00 cm

OBSERVACION: Estas especificaciones técnicas deben complementarse con las prescripciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DE CIMENTACIÓN

1.0. CONDICIONES DE LA CIMENTACIÓN

1.1. SUELO DE CIMENTACIÓN
Tipo de Suelo: MH: Limo elástico con arena

1.2. CAPACIDAD DE CARGA Y COTA DE CIMENTACIÓN
Capacidad de Carga: q_a = 1.43 kg/cm²
Cota de Cimentación: D_f = 1.60 m

1.3. CLASIFICACIÓN SÍSMICA DEL SUELO

Categoría de la Estructura	Importante	U = 1.3
Zona Sísmica	Zona 2	Z = 0.25
Perfil del Suelo	Suelo Blando	S = 1.4
		T_P = 1.0
		T_L = 1.6

1.4. TIPO DE LA ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN
Estructura Principal: Zapatas conectadas.

1.5. ASENTAMIENTOS
Se pretende esperar asentamientos de hasta 4.5 mm , que se encuentra dentro de lo permitido.

1.6. CONDICIONES ESPECIALES DE CIMENTACIÓN
En la contingencia de encontrar suelos de dudosa calidad durante las excavaciones, se debe informar a los especialistas de suelos para las recomendaciones adicionales correspondientes.

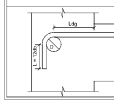
1.7. AGRESIÓN DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN
No presenta, por lo que podrá utilizarse cemento Portland tipo I o IP.

1.8. NIVEL FREÁTICO
No se ha evidenciado presencia de Nivel Freático hasta la profundidad de exploración.

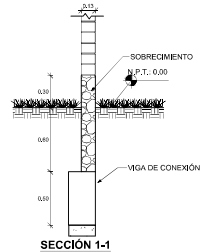
1.9. EXCAVACIONES
Si se realizaran excavaciones de profundidades mayores a dos metros, se recomienda tomar medidas de seguridad realizando entibamientos en las zonas de excavación.

Nota: En la etapa de ejecución del proyecto, al momento de realizar las excavaciones deberán verificarse los datos de las características del suelo de fundación. En caso de encontrar suelo de fundación de características diferentes a las especificadas, se recomienda rediseñar las estructuras de cimentación.

DESARROLLO DE GANCHOS ESTÁNDAR EN TRACCIÓN (m)

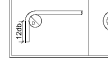


Ø	CONCRETO f'c (kg/cm2) 175	210	280	12db
3/8"	0,23	0,21	0,18	0,15
1/2"	0,31	0,28	0,24	0,15
5/8"	0,38	0,35	0,30	0,20
3/4"	0,46	0,42	0,36	0,25
1"	0,61	0,56	0,48	0,30



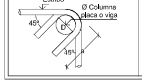
SECCIÓN 1-1
SOBRECIMIENTO
ESC. 1 : 25

DIÁMETRO DE DOBLADO EN BARRES LONGITUDINALES



DIAM. VARILLA db	DIAM. DOBLADO D
3/8" a 1"	6db
1 1/8" a 1 3/8"	8db

LONGITUD DE GANCHO DE ESTRIBO



Ø	D	a
6 mm	2.4 cm	8 cm
6 mm	3.2 cm	8 cm
3/8"	4 cm	10 cm
1/2"	5 cm	13 cm

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: ESTRUCTURAS DE LA CIMENTACIÓN Y COLUMNAS

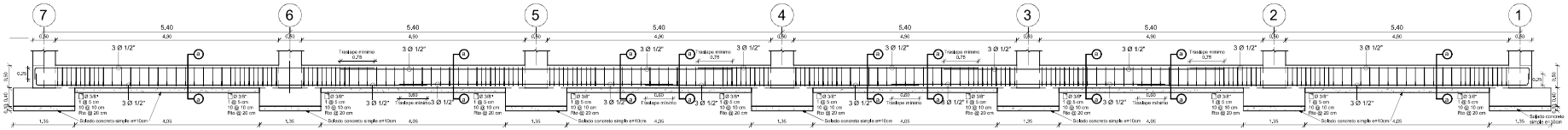
PLANO: ES-01

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

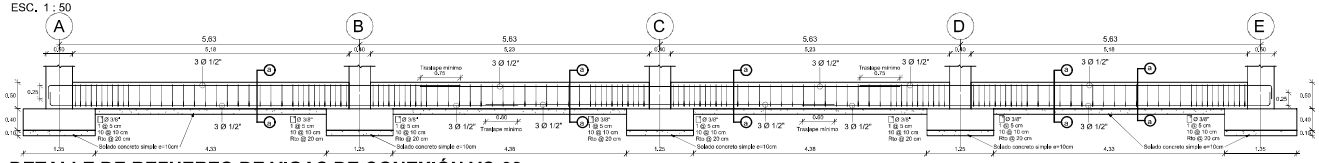
REGIÓN: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PARAYOG - UNSAAC

TESISTAS:
BACH. VEP AMCF



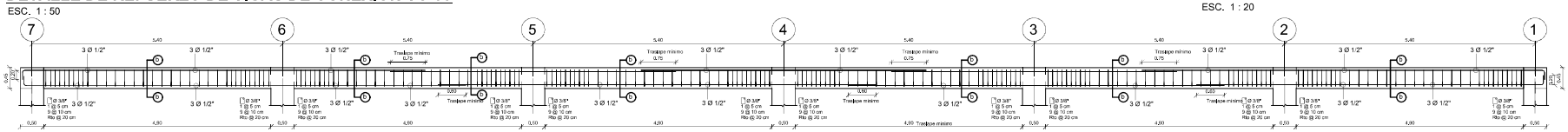
DETALLE DE REFUERZO DE VIGAS DE CONEXIÓN VC-02

ESC. 1 : 50



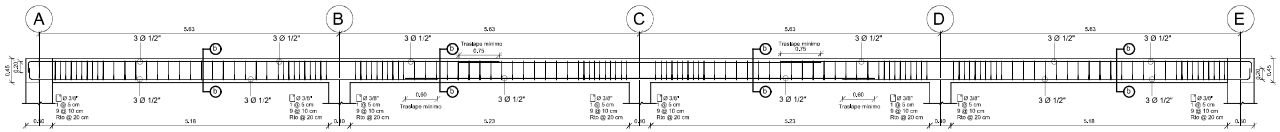
DETALLE DE REFUERZO DE VIGAS DE CONEXIÓN VC-03

ESC. 1 : 50



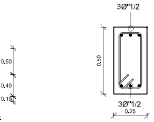
DETALLE DE REFUERZO DE VIGAS V-102

ESC. 1 : 50



DETALLE DE REFUERZO DE VIGAS V-101

ESC. 1 : 50



Corte a-a

ESC. 1 : 20



Corte b-b

ESC. 1 : 20

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.0. PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

1.1. CARGAS VIVAS

SOBRECARGA DE TECHO: 30 kg/m²

2.0. MATERIALES DE LA ESTRUCTURA

2.1. CONCRETO SIMPLE

CIMIENTOS CORRIDOS	C:H 1:10 + 30%PG
SOBRECIMIENTOS	C:H 1:8 + 25%PM
FALSO PISO	C:H: 1:12
SOLADO	C:H: 1:12

2.2. CONCRETO ARMADO

COLUMNAS:	f'_c = 210 kg/cm²
COLUMNAS DE AMARRE:	f'_c = 175 kg/cm²
VIGAS:	f'_c = 210 kg/cm²
ZAPATAS:	f'_c = 210 kg/cm²

2.3. VARILLAS DE REFUERZO DE ACERO

ACERO CORRUGADO - GRADO 60: f_y = 4200 kg/cm²

EMPALMES DE FIERRO

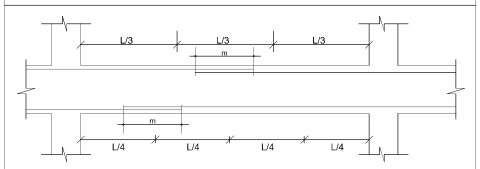
VIGAS	As (-) : Tercio Central
	As (+) : a L/4
COLUMNAS	A 2L/3 (Tramo Central)

3.0. RECUBRIMIENTOS

ZAPATAS	= 7.00 cm
VIGAS	= 4.00 cm
COLUMNAS	= 4.00 cm
LOSA ALIGERADA	= 2.00 cm
VIGAS DE BORDE	= 2.00 cm
COLUMNAS DE AMARRE	= 2.00 cm

OBSERVACION: Estas especificaciones técnicas deben complementarse con las prescripciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

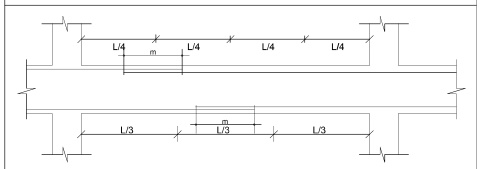
TRASLAPES Y EMPALMES EN VIGAS Y LOSAS (m)



Ø	CONCRETO f'c = 175 kg/cm2				CONCRETO f'c = 210 kg/cm2				CONCRETO f'c = 280 kg/cm2			
	REFUERZO INF		REFUERZO SUP		REFUERZO INF		REFUERZO SUP		REFUERZO INF		REFUERZO SUP	
	Long. de Desarrollo	Long. de Traslape	Long. de Desarrollo	Long. de Traslape	Long. de Desarrollo	Long. de Traslape	Long. de Desarrollo	Long. de Traslape	Long. de Desarrollo	Long. de Traslape	Long. de Desarrollo	Long. de Traslape
3/8"	0,40	0,50	0,50	0,65	0,35	0,45	0,45	0,60	0,30	0,40	0,40	0,50
1/2"	0,50	0,65	0,65	0,85	0,45	0,60	0,60	0,75	0,40	0,50	0,50	0,65
5/8"	0,65	0,80	0,80	1,05	0,60	0,75	0,75	0,95	0,50	0,6	0,6	0,85
3/4"	0,75	0,95	0,95	1,25	0,70	0,90	0,90	1,15	0,60	0,75	0,75	1,00
1"	1,20	1,60	1,60	2,05	1,15	1,45	1,45	1,90	1,00	1,25	1,25	1,65

a) No empalmar más del 50% del área total en una misma sección.
b) Se consideran barras superiores aquellas que tienen 300 mm o más de concreto fresco por debajo de ellas

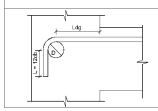
TRASLAPES Y EMPALMES EN VIGAS DE CONEXIÓN



Ø	CONCRETO f'c = 175 kg/cm2				CONCRETO f'c = 210 kg/cm2				CONCRETO f'c = 280 kg/cm2			
	REFUERZO INF		REFUERZO SUP		REFUERZO INF		REFUERZO SUP		REFUERZO INF		REFUERZO SUP	
	Long. de Desarrollo	Long. de Traslape	Long. de Desarrollo	Long. de Traslape	Long. de Desarrollo	Long. de Traslape	Long. de Desarrollo	Long. de Traslape	Long. de Desarrollo	Long. de Traslape	Long. de Desarrollo	Long. de Traslape
3/8"	0,40	0,50	0,50	0,65	0,35	0,45	0,45	0,60	0,30	0,40	0,40	0,50
1/2"	0,50	0,65	0,65	0,85	0,45	0,60	0,60	0,75	0,40	0,50	0,50	0,65
5/8"	0,65	0,80	0,80	1,05	0,60	0,75	0,75	0,95	0,50	0,6	0,6	0,85
3/4"	0,75	0,95	0,95	1,25	0,70	0,90	0,90	1,15	0,60	0,75	0,75	1,00
1"	1,20	1,60	1,60	2,05	1,15	1,45	1,45	1,90	1,00	1,25	1,25	1,65

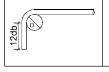
a) No empalmar más del 50% del área total en una misma sección.
b) Se consideran barras superiores aquellas que tienen 300 mm o más de concreto fresco por debajo de ellas

DESARROLLO DE GANCHOS ESTÁNDAR EN TRACCIÓN (m)



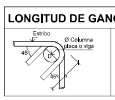
Ø	CONCRETO f'c (kg/cm2)			
	175	210	280	12db
3/8"	0.23	0.21	0.18	0.15
1/2"	0.31	0.28	0.24	0.15
5/8"	0.38	0.35	0.30	0.20
3/4"	0.46	0.42	0.36	0.25
1"	0.61	0.56	0.48	0.30

DIÁMETRO DE DOBLADO EN BARRAS LONGITUDINALES

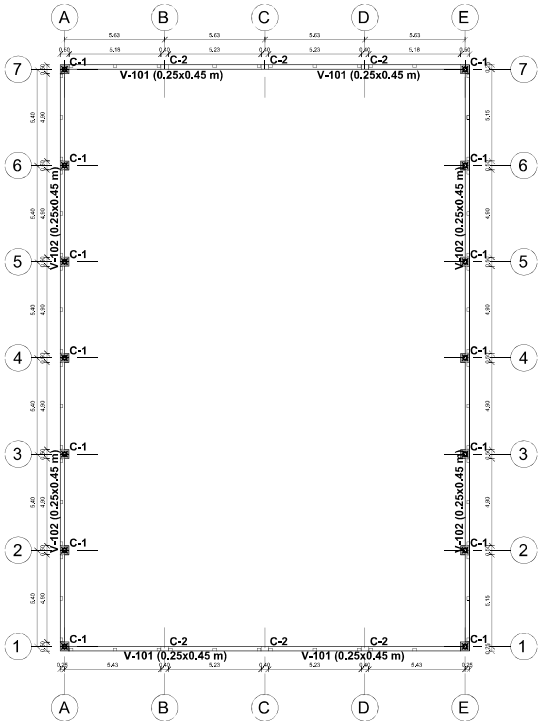


DIAM. VARILLA db	DIAM. DOBLADO D
3/8" a 1"	6db
1 1/8" a 1 3/8"	8db

LONGITUD DE GANCHO DE ESTRIBO



Ø	D	a
6 mm	2,4 cm	8 cm
8 mm	3,2 cm	8 cm
3/8"	4 cm	10 cm
1/2"	5 cm	13 cm



DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE COLUMNAS Y VIGAS

ESC. 1 : 150

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: DETALLE DE VIGAS DE CONEXIÓN Y VIGAS

PLANO: ES-02

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

REGIÓN: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PERAYOC-QUISPICANCHI

TESISTAS: BACH. VEHP IMCF

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.0. PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

1.1. CARGAS VIVAS

SOBRECARGA DE TECHO: 30 kg/m²

2.0. MATERIALES DE LA ESTRUCTURA

2.1. CONCRETO SIMPLE

CIMIENTOS CORRIDOS	C:H 1:10 + 30%PG
SOBRECIMIENTOS	C:H 1:8 + 25%PM
FALSO PISO	C:H: 1:12
SOLADO	C:H: 1:12

2.2. CONCRETO ARMADO

COLUMNAS:	f'_c = 210 kg/cm²
COLUMNAS DE AMARRE:	f'_c = 175 kg/cm²
VIGAS:	f'_c = 210 kg/cm²
ZAPATAS:	f'_c = 210 kg/cm²

2.3. VARILLAS DE REFUERZO DE ACERO

ACERO CORRUGADO - GRADO 60: f_y = 4200 kg/cm²

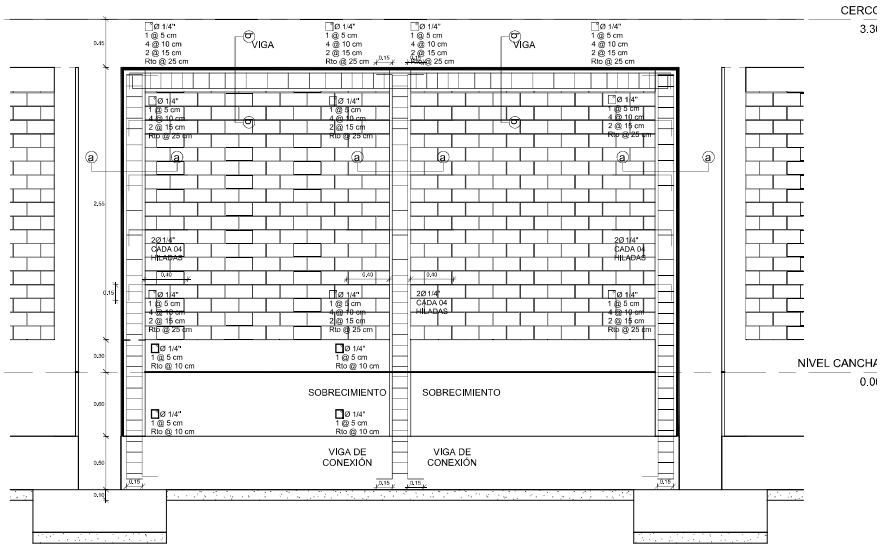
EMPALMES DE FIERRO

VIGAS	As (-) : Tercio Central As (+) : a L/4
COLUMNAS	A 2L/3 (Tramo Central)

3.0. RECUBRIMIENTOS

ZAPATAS	= 7.00 cm
VIGAS	= 4.00 cm
COLUMNAS	= 4.00 cm
LOSA ALIGERADA	= 2.00 cm
VIGAS DE BORDE	= 2.00 cm
COLUMNAS DE AMARRE	= 2.00 cm

OBSERVACION: Estas especificaciones técnicas deben complementarse con las prescripciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.



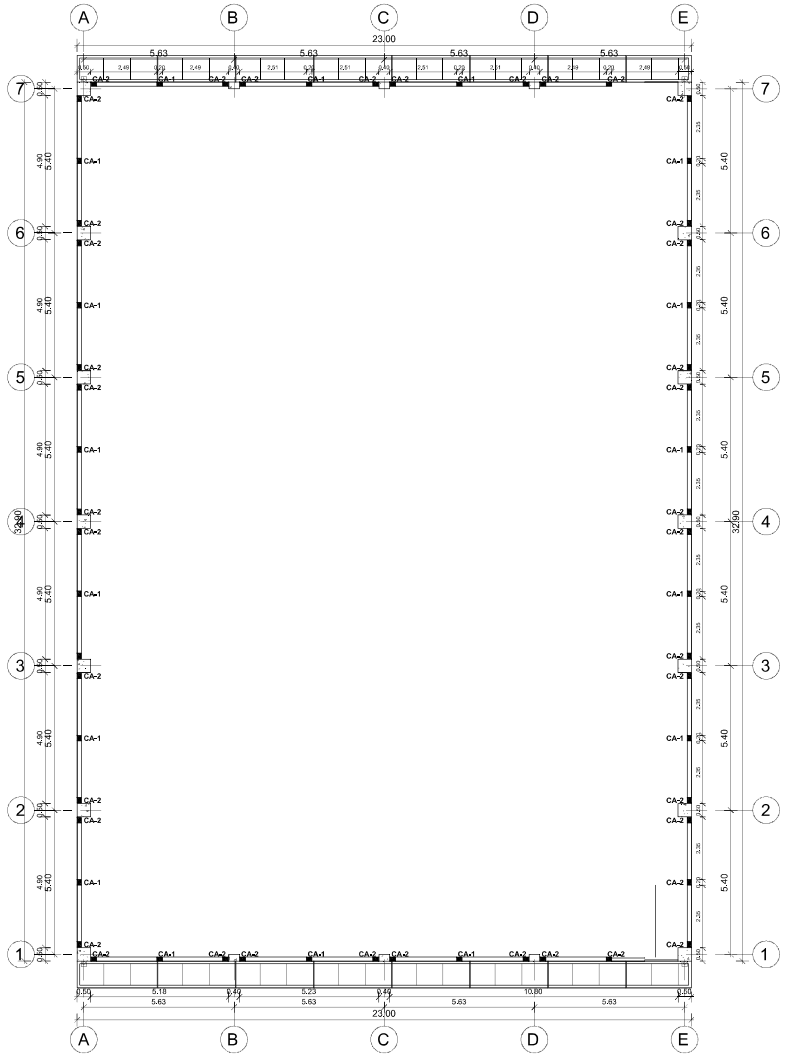
DETALLE DE ARMADO DE COLUMNNAS CA-1 Y CA-2 EN ELEVACIÓN

ESC. 1 : 25



CORTE a-a
ESC. 1 : 10

CORTE b-b
ESC. 1 : 10



PLANTA DISTRIBUCIÓN DE COLUMNAS DE CONFINAMIENTO

ESC. 1 : 100

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: DETALLE DE REFUERZO DE ALBAÑILERÍA

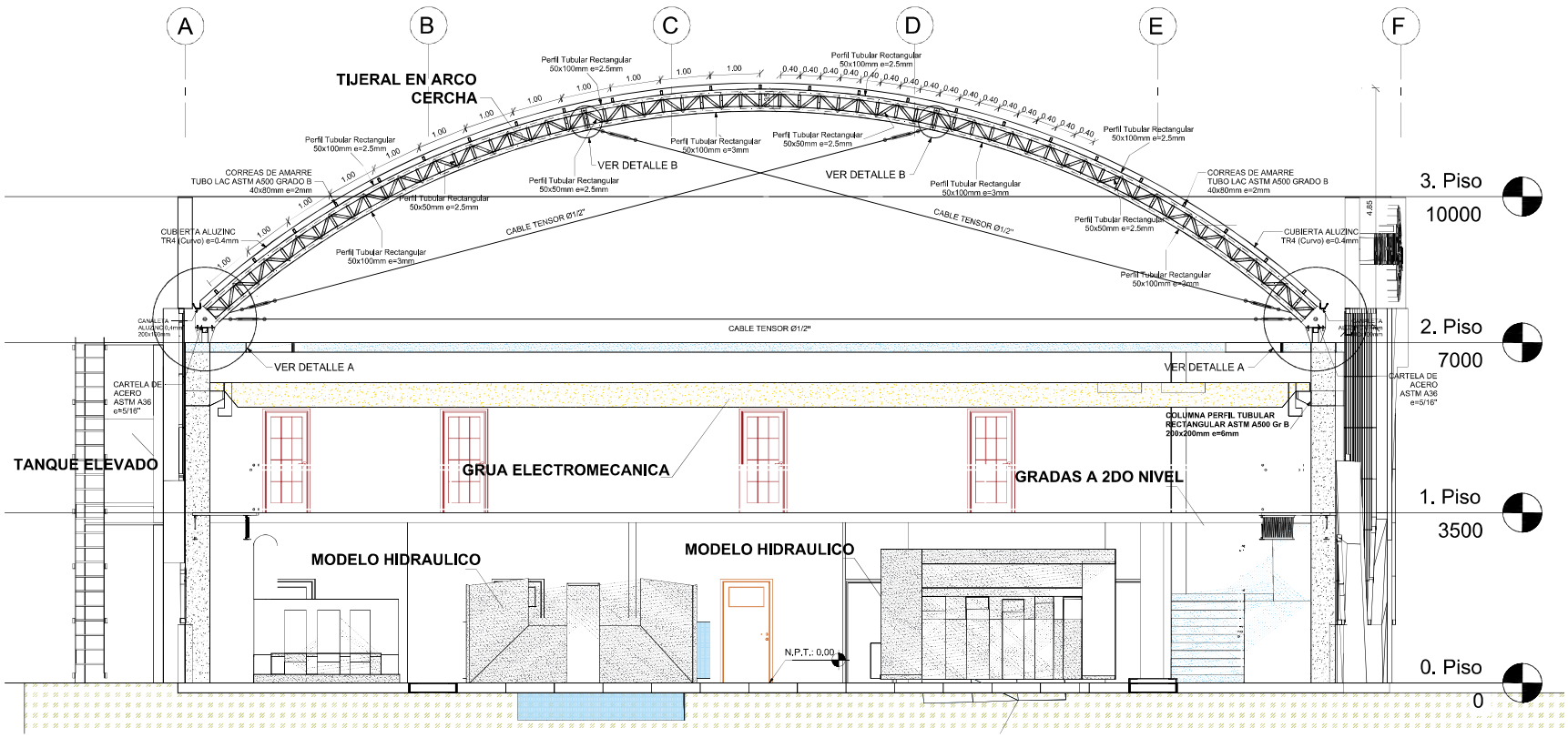
PLANO: ES-03

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

REGION: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PERAYOC-CHINCHAC

TESISTAS: BACH. VEHP IMCP



CORTE A-A LABORATORIO DE HIDRAULICA - DETALLE TIJERALES METÁLICOS EJES 1 AL 8

ESC. 1 : 75

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.0. PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

1.1. CARGAS VIVAS

SOBRECARGA DE TECHO: 30 kg/m²
SOBRECARGA EN ENTREPISO: 200 kg/m²

2.0. MATERIALES

ACERO DE PERFILES Y TUBOS A36 f_y = 2530 kg/cm²
ACERO DE PERFILES Y TUBOS A500 Gr A f_y = 2325 kg/cm²
ACERO DE PERFILES Y TUBOS A500 Gr B f_y = 2957 kg/cm²
SOLDADURA SERIE E.7018 PROCEDIMIENTO: SMAW
PERNOS Y ACCESORIOS ASTM - A325
ELECTRODOS DE ARCO MANUAL PROTEGIDO
CELLOCORD "AP" O CELLOCORD "A" E.7018

3.0. SOLDADURA

Para soldar en toda posición, los electrodos deberán estar secos y sanos antes de su uso.

El amperaje de la corriente eléctrica estará de acuerdo con el diámetro del electrodo.

Se debe evitar la socavación que sea una corriente excesiva por la cual se produce la soldadura quemada.

Se recomienda no usar diámetros de electrodos excesivamente grande para evitar penetración incompleta.

Se recomienda evitar la porosidad que consiste en la presencia de vacios de gas en el metal de soldadura, frecuentemente se debe al uso de corriente o luces de arco excesivas.

4.0. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA

Se recomienda construir en forma integral las cerchas y otros elementos metálicos en una planta, que se ubique cerca de la edificación para facilitar el desplazamiento y montaje de estos sistemas estructurales de acero.

Para facilitar el montaje de los diferentes elementos de la estructura podrán emplearse sistemas de arriostramiento temporal y conexiones soldadas temporales.

Se recomienda no efectuar ninguna soldadura permanente mientras los elementos de la estructura no se encuentran adecuadamente arriostrados o no se encuentran alineados a sus posiciones definitivas.

5.0. CONEXIONES Y EMPALMES

Se recomienda durante el proceso de ejecución de las uniones soldadas verificar los siguientes aspectos importantes:

Angulos de aberturas suficientemente amplios.

Aberturas apropiadas en las raices.

Alineamientos adecuados.

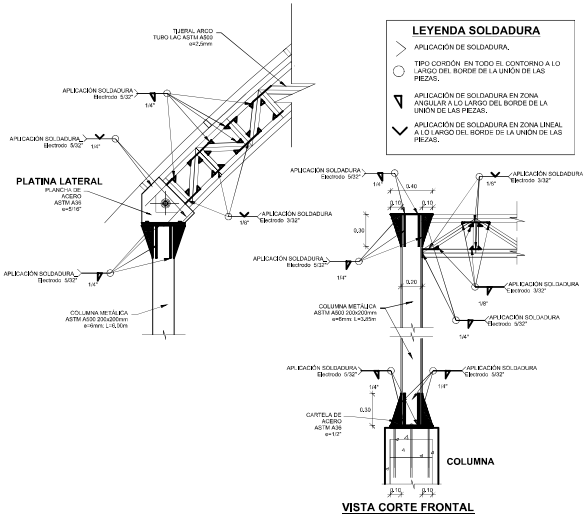
Limpieza de las uniones.

Calidad y tipo de electrodo.

Secuencia adecuada de la soldadura,

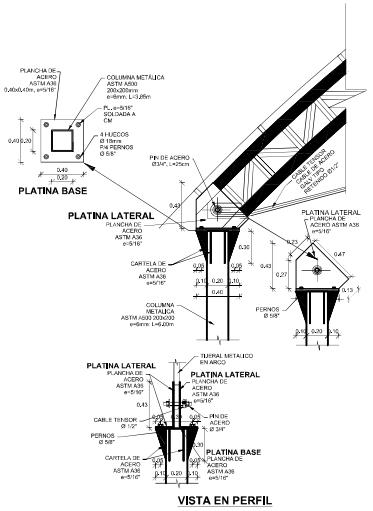
Control de las siguientes deficiencias: derrames vacios, socavación y fisuras.

Verificación de las dimensiones y tipos de soldadura especificadas en los planos de estructuras correspondientes.



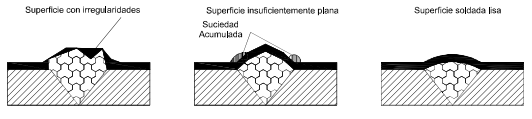
DETALLE DE SOLDADURA

ESC. 1 : 25

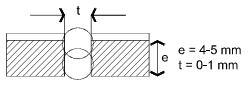


DETALLE A

ESC. 1 : 25

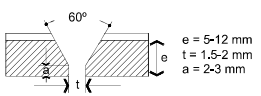


ELIMINACIÓN DE IMPERFECCIONES EN LA SUPERFICIE DE SOLDADURAS



Juntas a Tope

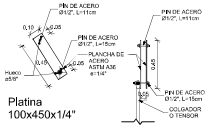
Satisfactoria para todas las cargas corriente
Requiere fusión completa y total
Recomendable para espesores menores de 6mm
Preparación sencilla
La separación de los bordes depende del espesor de las planchas



Juntas a Tope en "V"

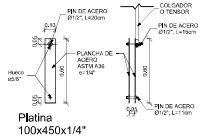
Apropiada para todas las cargas corriente
Aplicable a planchas de 5-12mm
Recomendable para espesores menores de 6mm
El ángulo de la junta es de 60°

TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE SOLDADURA



DETALLE B

ESC. 1 : 25



DETALLE C

ESC. 1 : 25

TIPO DE ELEMENTO ESTRUCTURAL	DIÁMETRO DE SOLDADURA
TIJERALES Y VIGAS (CERCHAS) ACERO ASTM A500 Gr B	2,4 mm (3/32")
PLANCHAS PLATINA DE ACERO, CARTELAS ACERO ASTM A36 FUSIÓN CON COLUMNA METÁLICA	4 mm (5/32")

AMPERAJES RECOMENDADOS

DIÁMETRO ELECTRODO	AMPERAJE
2,4 mm (3/32")	70-120 A
4 mm (5/32")	140-200 A

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: DETALLE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

PLANO: ES-04

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

REGIÓN: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PERAYOC-UNSAAC

TESISTAS: BACH. VEHP IMCF

TIPO DE ELEMENTO ESTRUCTURAL	DIÁMETRO DE SOLDADURA
TIJERALES Y VIGAS (CERCHAS) ACERO ASTM A500 Gr B	2,4 mm (3/32")
PLANCHAS PLATINA DE ACERO, CARTELAS ACERO ASTM A36 FUSIÓN CON COLUMNA METÁLICA	4 mm (5/32")

AMPERAJES RECOMENDADOS

DIÁMETRO ELECTRODO	AMPERAJE
2,4 mm (3/32")	70-120 A
4 mm (5/32")	140-200 A

CORREAS	CERCHA PRINCIPAL			VIGAS LATERALES TIPO "A"			VIGAS LATERALES TIPO "B"
	BRIDA SUPERIOR	BRIDA INFERIOR	DIAGONALES Y MONTANTES	BRIDA SUPERIOR	BRIDA INFERIOR	DIAGONALES Y MONTANTES	
e = 2mm	e = 2.5mm	e = 3mm	e = 2.5mm	e = 2.5mm	e = 2.5mm	e = 2mm	100 mm, e = 2.5mm
PERFIL TUBULAR RECTANGULAR ASTM A500 Gr B DE 40x80x2mm LAMINADO EN CALIENTE f_y = 2957 kg/cm²	PERFIL TUBULAR RECTANGULAR ASTM A500 Gr B DE 50x100x2.5mm LAMINADO EN CALIENTE f_y = 2957 kg/cm²	PERFIL TUBULAR RECTANGULAR ASTM A500 Gr B DE 50x100x3mm LAMINADO EN CALIENTE f_y = 2957 kg/cm²	PERFIL TUBULAR RECTANGULAR ASTM A500 Gr B DE 50x50x2.5mm LAMINADO EN CALIENTE f_y = 2957 kg/cm²	PERFIL TUBULAR RECTANGULAR ASTM A500 Gr B DE 50x100x2.5mm LAMINADO EN CALIENTE f_y = 2957 kg/cm²	PERFIL TUBULAR RECTANGULAR ASTM A500 Gr B DE 50x100x2.5mm LAMINADO EN CALIENTE f_y = 2957 kg/cm²	PERFIL TUBULAR RECTANGULAR ASTM A500 Gr B DE 50x50x2mm LAMINADO EN CALIENTE f_y = 2957 kg/cm²	PERFIL TUBULAR RECTANGULAR ASTM A500 Gr B DE 100x100x2.5mm LAMINADO EN CALIENTE f_y = 2957 kg/cm²

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.0. PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

1.1. CARGAS VIVAS

SOBRECARGA DE TECHO: 30 kg/m²
SOBRECARGA EN ENTREPISO: 200 kg/m²

2.0. MATERIALES

ACERO DE PERFILES Y TUBOS A36 f_y = 2530 kg/cm²
ACERO DE PERFILES Y TUBOS A500 Gr A f_y = 2325 kg/cm²
ACERO DE PERFILES Y TUBOS A500 Gr B f_y = 2957 kg/cm²
SOLDADURA SERIE E.7018 PROCEDIMIENTO: SMAW
PERNOS Y ACCESORIOS ASTM - A325
ELECTRODOS DE ARCO MANUAL PROTEGIDO
CELLOCORD "AP" O CELLOCORD "A" E.7018

3.0. SOLDADURA

Para soldar en toda posición, los electrodos deberán estar secos y sanos antes de su uso.

El amperaje de la corriente eléctrica estará de acuerdo con el diámetro del electrodo.

Se debe evitar la socavación que sea una corriente excesiva por la cual se produce la soldadura quemada.

Se recomienda no usar diámetros de electrodos excesivamente grande para evitar penetración incompleta.

Se recomienda evitar la porosidad que consiste en la presencia de vacíos de gas en el metal de soldadura, frecuentemente se debe al uso de corriente o luces de arco excesivas.

4.0. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA

Se recomienda construir en forma integral las cerchas y otros elementos metálicos en una planta, que se ubique cerca de la edificación para facilitar el desplazamiento y montaje de estos sistemas estructurales de acero.

Para facilitar el montaje de los diferentes elementos de la estructura podrán emplearse sistemas de arriostramiento temporal y conexiones soldadas temporales.

Se recomienda no efectuar ninguna soldadura permanente mientras los elementos de la estructura no se encuentran adecuadamente arriostrados o no se encuentran alineados a sus posiciones definitivas.

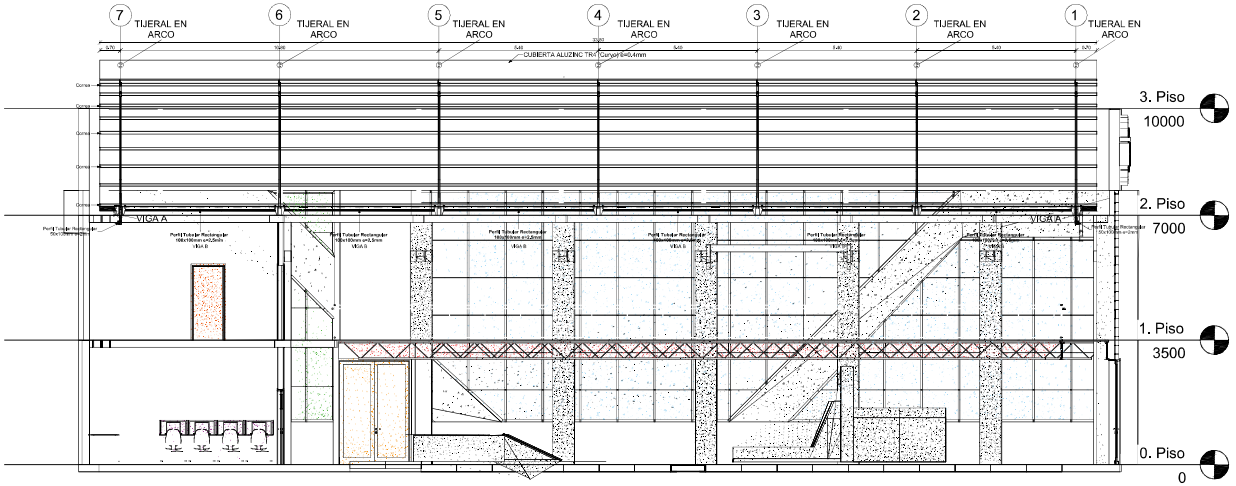
5.0. CONEXIONES Y EMPALMES

Se recomienda durante el proceso de ejecución de las uniones soldadas verificar los siguientes aspectos importantes:

Ángulos de aberturas suficientemente amplios.
Aberturas apropiadas en las raíces.
Alineamientos adecuados.
Limpieza de las uniones.
Calidad y tipo de electrodo.
Secuencia adecuada de la soldadura.
Control de las siguientes deficiencias: derrames vacíos, socavación y fisuras.
Verificación de las dimensiones y tipos de soldadura especificadas en los planos de estructuras correspondientes.

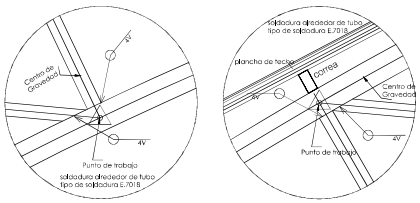
DETALLE DE PERFILES

ESC. 1 : 2



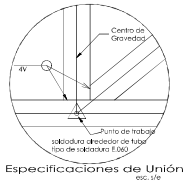
CORTE B-B LABORATORIO DE HIDRAULICA - DETALLE DE TIJERALES METÁLICOS

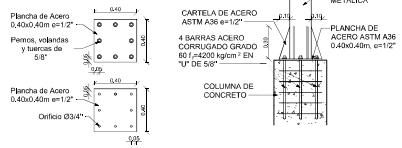
ESC. 1 : 75



DETALLE UNIONES

ESC. 1 : 50

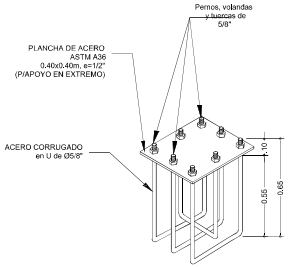




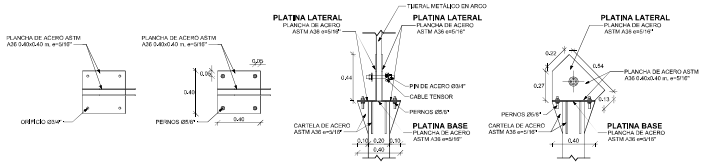
PLANTA PLANCHA METÁLICA — CORTE FRONTAL PLANCHA METÁLICA

DETALLE DE ANCLAJE DE COLUMNA

ESC. 1 : 25



ANCLAJE EN U - ESPÁRRAGOS



DETALLE APOYO CERCHA - COLUMNA

ESC. 1 : 25

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: DETALLE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

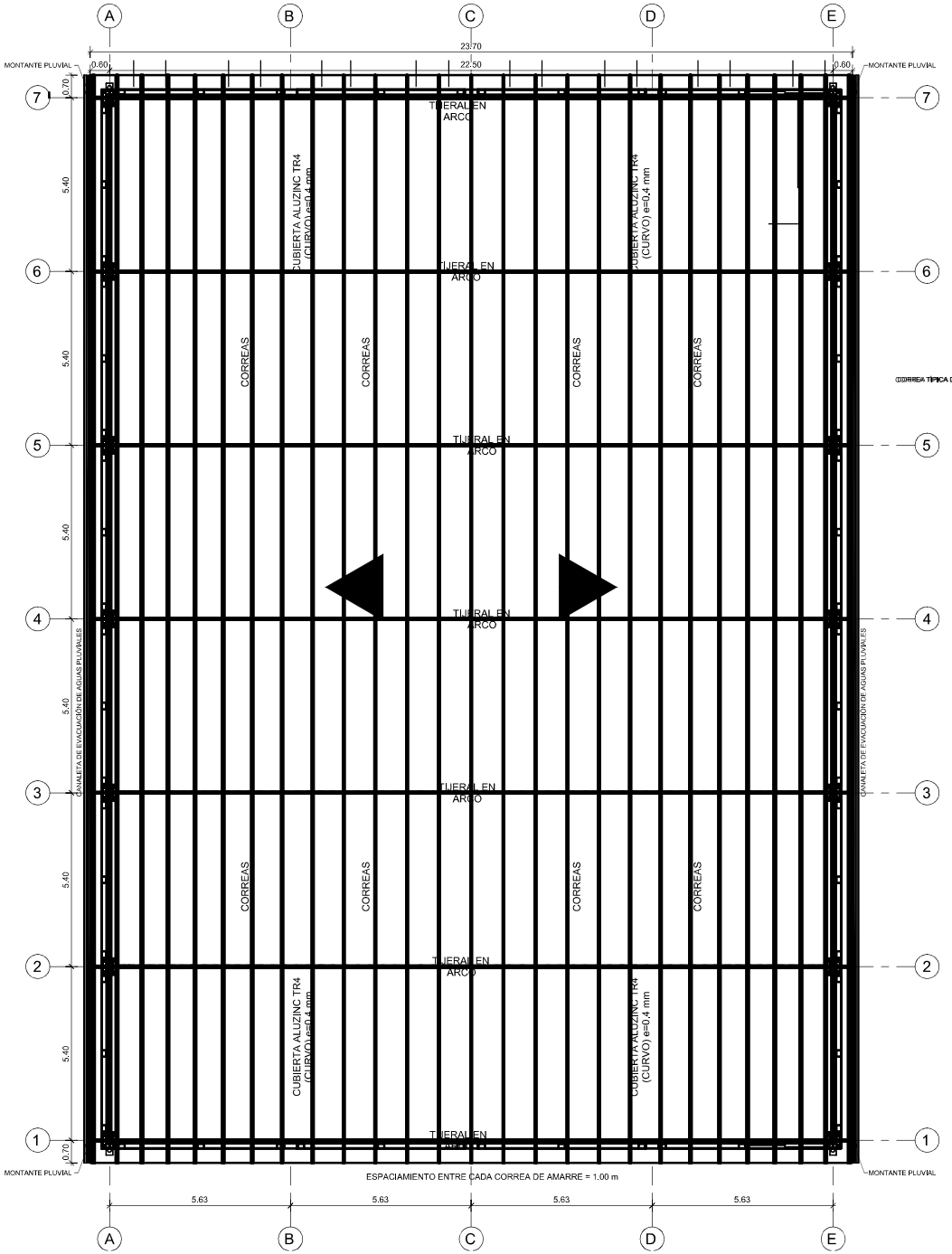
PLANO: ES-05

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

REGIÓN: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PERAYOC/UNSAAC

TESISTAS: BACH. YEHP IMCF

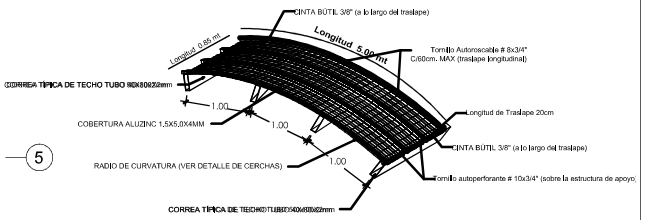


PLANTA DE TECHO

ESC. 1 : 75

PLANTA - COBERTURA LIGERA

- S/C = 26,20 kg/m² (BARLOVENTO)
- S/C = 16,30 kg/m² (SOTAVENTO)
- S/C = 30,00 kg/m² (MONTAJE)



CARACTERÍSTICAS DE COBERTURA

MATERIAL	=	Acero Zincado ASTM A792, AZ 150.
ESPESOR (e)	=	0,40 mm
RADIO DE CURVATURA	=	Ver secciones de Cerchas
PINTURA	=	Poliester en polvo de espesor 50 micras
COLOR	=	Rojo

DETALLE DE INSTALACION

ESC.: S/E



IMAGEN DE COLOCACIÓN DE CINTA BUTIL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: PLANTA DE TECHO

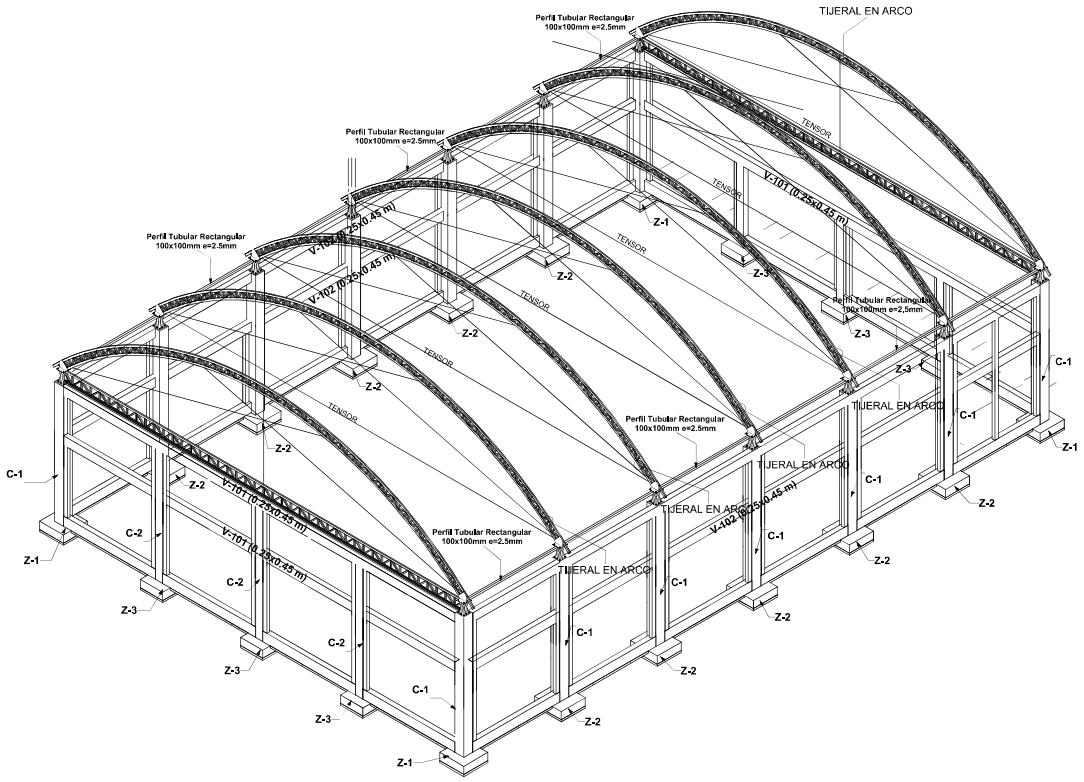
PLANO: ES-06

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

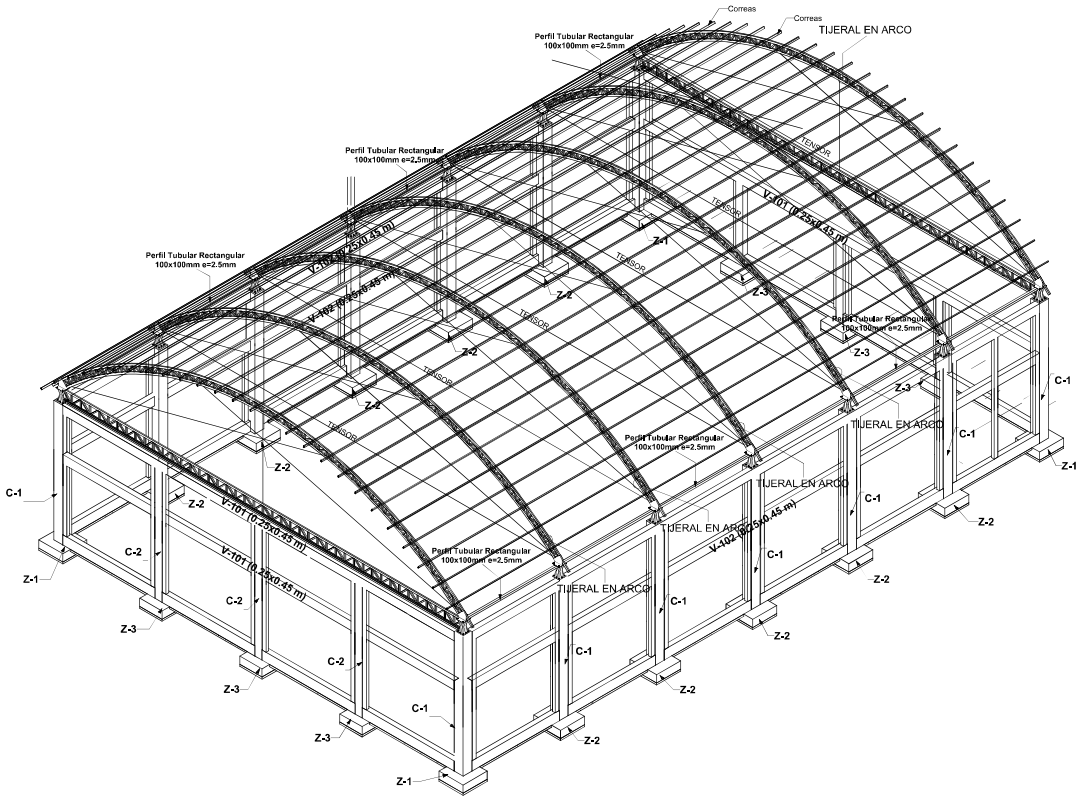
REGIÓN: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PABLO/UNSAAC

TESISTAS: BACH. VEHP /MCF



ISOMETRÍA ESTRUCTURA METÁLICA COBERTURA

ESC.



ISOMETRÍA ESTRUCTURA CON CORREAS

ESC.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

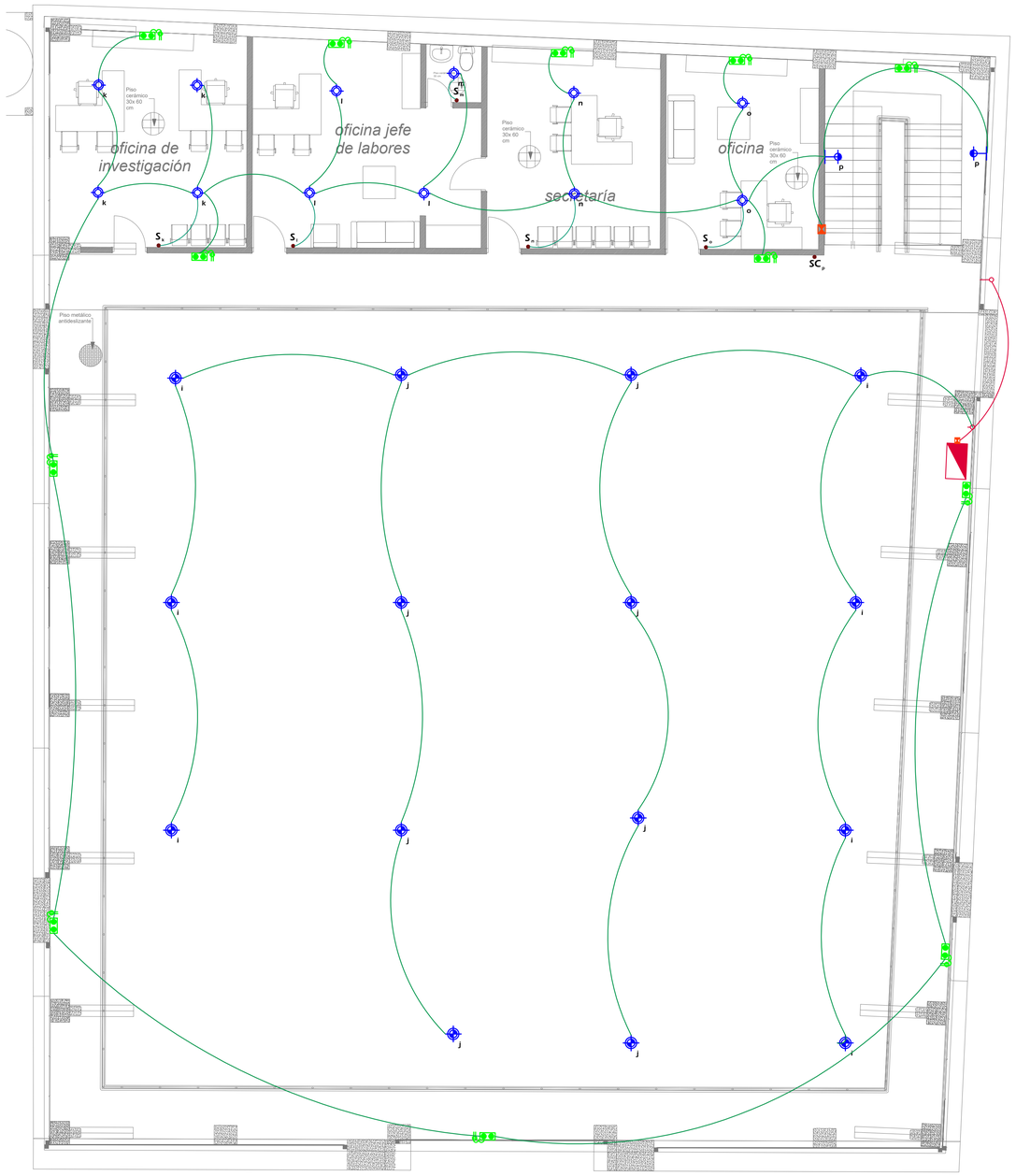
PLANO: ISOMETRÍA DE ESTRUCTURAS

PLANO: ES-07

FECHA:	ESCALA:	REGIÓN: CUSCO PROVINCIA: CUSCO DISTRITO: CUSCO LOCALIDAD: PERAYOC-UNSAAC	TESISTAS:
SETIEMBRE DEL 2024	INDICADAS		BACH. VEHP /MICF

ANEXO 11.04:
PLANOS INS. ELECTRICA, SANITARIAS Y ESPECIALES





PRIMER NIVEL
ESC. 1 : 75

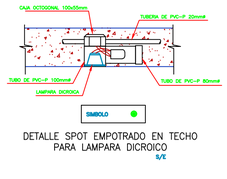
SEGUNDO NIVEL
ESC. 1 : 75

LEYENDA - ILUMINACIÓN

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	MONTAJE	
		ALTURA(m)	CAJA(mm)
	LUMINARIA HIGH BAY LED - 1x100W	TECHO	OCTOGONAL 3 1/2"x3 1/2"x1 1/2"
	SALIDA DE ILUMINACIÓN EN TECHO, LED 2x40W LUMINARIA FLUORESCENTE LINEAL (L=1.20m)	TECHO	
	LUMINARIA HERMÉTICA P/ADOSAR, CON 02 CAMPANAS LED DE 16W, IP 65, CARCASA DE POLICARBONATO	TECHO	TUBO PVC SAP Ø 4"
	SALIDA DE ILUMINACIÓN EMPOTRADO, LED 15W LUMINARIA TIPO STOP LIGHT DIRIGIBLE	TECHO	
	SALIDA DE ILUMINACIÓN EN PARED, LED 25W LUMINARIA TIPO BRACKET	2.00 ↑	OCTOGONAL 3 1/2"x3 1/2"x1 1/2"
	SALIDA DE ILUMINACIÓN EN TECHO, S/ARTEFACTO, PARA ILUMINACIÓN CON MUEBLERÍA.	TECHO	OCTOGONAL 3 1/2"x3 1/2"x1 1/2"
S	SALIDA DE ILUMINACIÓN EN TECHO, LED 20W LUM. CON SENSOR DE MOVIMIENTO ON/OFF, 180°	TECHO	OCTOGONAL 3 1/2"x3 1/2"x1 1/2"
	SALIDA DE ILUMINACIÓN EN PISO, LED 50W LUM. EXTERIOR (Protección de Humedad/Intemperie)	0.00	ESPECIAL
	SALIDA PARA ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA TIPO STANDARD C/BATERIA 12 VCD	0.30 ↓	RECTANGULAR 100x55x50
S ,2S ,3S	SALIDA DE INTERRUPTOR SIMPLE, DOBLE, TRIPLE	1.20 ↑	RECTANGULAR 100x55x50
S, ,S	SALIDA INTERRUPTOR CONMUTADOR, DE 3 Y 4 VÍAS	1.20 ↑	
	INDICA QUE EL ARTEFACTO ESTA CONECTADO A UN TEMPORIZADOR HORARIO ON/OFF	—	VARIOS



DETALLE DE ARTEFACTO EMPOTRADO EN TECHO
ARTEFACTO PARA EMPOTRAR CON 02 LAMPARAS AHORRADORAS DE 18 W C/U
S/E



DETALLE SPOT EMPOTRADO EN TECHO PARA LAMPARA DICROICO
S/E

ESPECIFICACIONES TECNICAS

1.– LA TUBERIA SERA PVC–P, MINIMO 20mmØ
2.– EL CONDUCTOR SERA DE COBRE ELECTROLITICO CON AISLAMIENTO NH–80, 600V., UNIPOLAR MINIMO EL N° 2.5 M2.
3.– LAS CAJAS SERAN METALICAS PESADAS.
4.– LOS INTERRUPTORES DE PARED SERAN DEL TIPO BALANCIN OPERACION SILENCIOSA 10A./220V.
5.– TABLEROS DE EMPOTRAR DE F° GALVANIZADO PESADO CON INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS "NO FUSE" DE 10KA. DE CAPACIDAD DE RUPTURA.
6.– LOS TOMACORRIENTES SERAN DE USO GENERAL 10A./220V. CON TOMA A TIERRA.
7.– LAS PLACAS SERAN DE BAKELITAS COLOR MARFIL O ALUMINIO ANODIZADO.
8.– EN LOS TRAMOS EN QUE NO SE INDIQUE EL N° DE CONDUCTORES, SE ASUME QUE LLEVARAN 2 CONDUCTORES.
9.– LAS TUBERIAS QUE CRUCEN JARDIN O ESTACIONAMIENTO SERAN PROTEGIDAS CON UN DADO DE CONCRETO POBRE DE 100x100m. EN TODA SU LOGITUD.
10.– LOS CABLES QUE CONVERGEN A LAMPARAS EMPOTRADAS (SPOTLIGHT, DICROICOS) SERAN SILICONADAS.
11.– LA CAJA RECTANGULAR DONDE CONVERJAN TUBOS DE 25mmØPVC–P O MAS DE DOS DE 20mmØPVC–P, SE LE REEMPLAZARA CON UNA CAJA DE 100x20mm. CON TAPA DE UN GANG.

NOTA:

– TODAS LAS CAJAS DE PASE SERAN DE 100x100x50mm. A EXCEPCION DE LAS INDICADAS EN PLANTA.

– TODA LA TUBERIA ADOSADA IRA CON CAJAS DE PASE ADOSADA.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: INSTALACIONES ELÉCTRICAS - ILUMINACIÓN

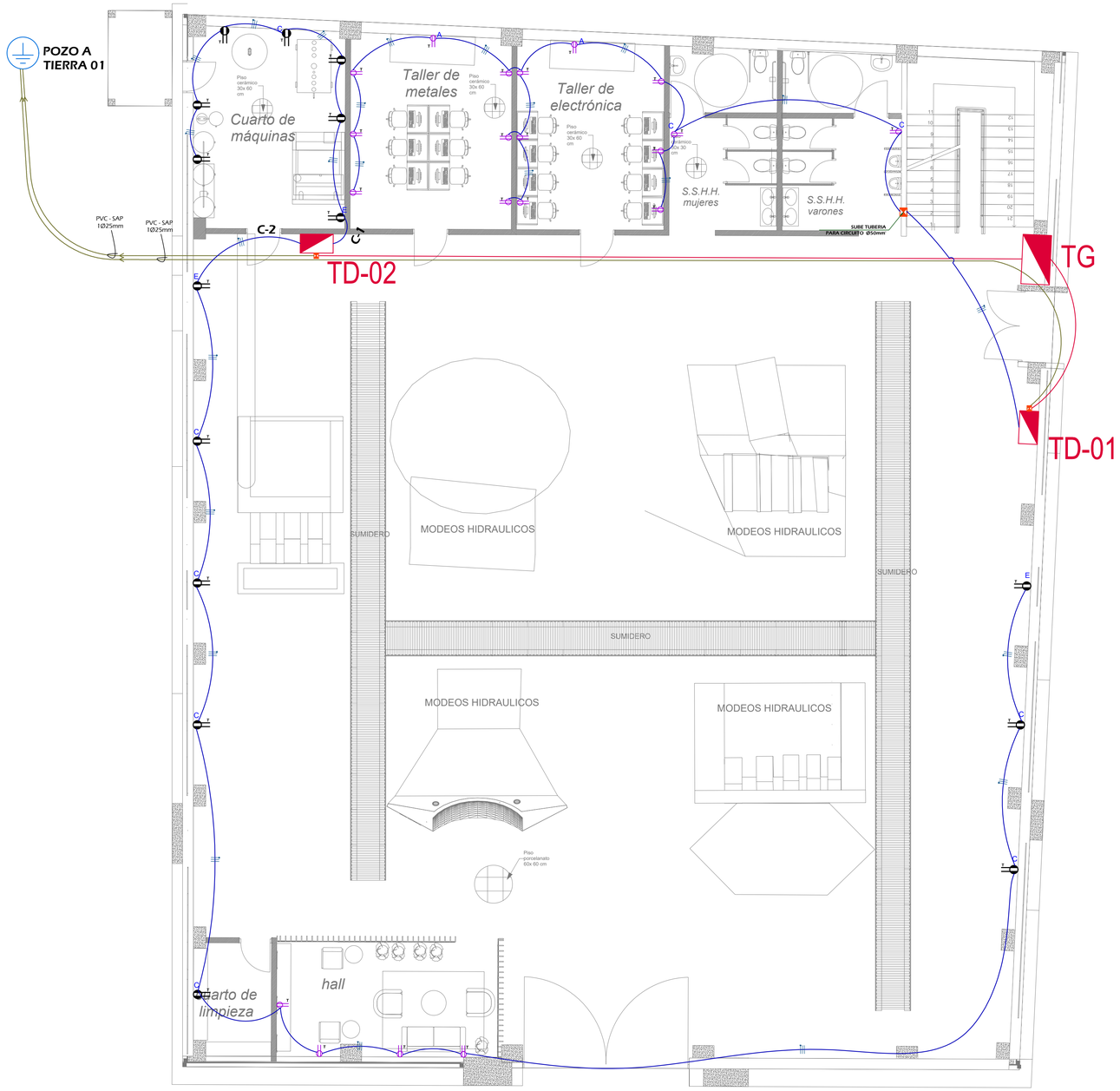
PLANO: IE-01

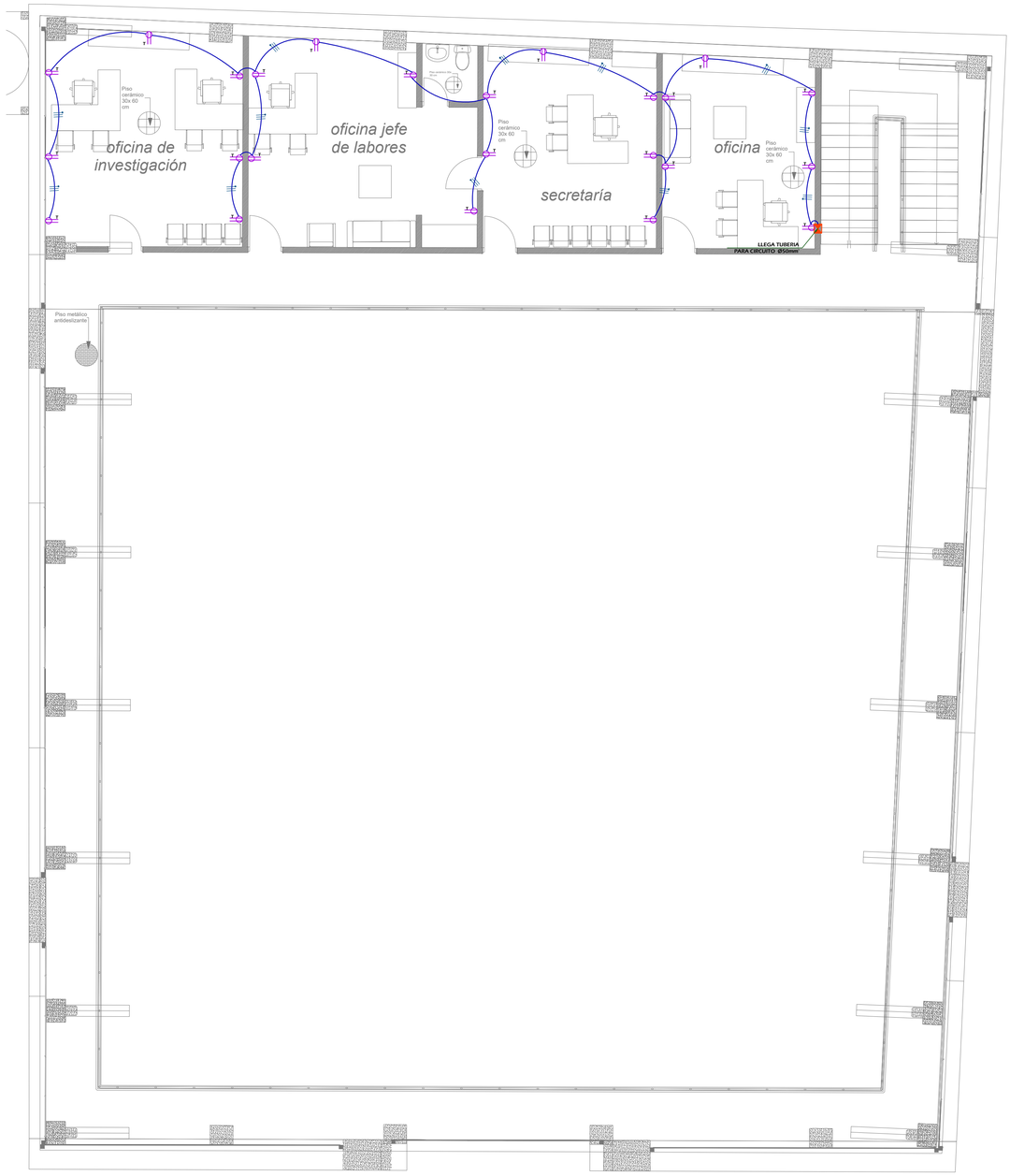
FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

REGIÓN: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PERAYOC-UNSAAC

TESISTAS: BACH. VEHP /MICF



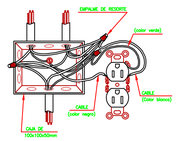


PRIMER NIVEL
ESC. 1 : 75

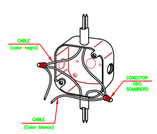
SEGUNDO NIVEL
ESC. 1 : 75

LEYENDA - TOMACORRIENTES

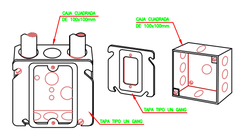
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	MONTAJE	
		ALTURA(m)	CAJA(mm)
	SALIDA PARA TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE STANDARD, C/LINEA A TIERRA 15A, 220V	0.40 ↑	RECTANGULAR 100x55x50
A	SALIDA PARA TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE STANDARD, C/LINEA A TIERRA 15A, 220V	1.80 ↑	
C	SALIDA PARA TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE STANDARD, C/LINEA A TIERRA 15A, 220V	0.80 ↑	
	SALIDA PARA TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE A PRUEBA DE HUMEDAD, C/LINEA A TIERRA 15A, 220V	0.80 ↑	RECTANGULAR 100x55x50
A	SALIDA PARA TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE A PRUEBA DE HUMEDAD, C/LINEA A TIERRA 15A, 220V	1.80 ↑	
B	SALIDA PARA TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE A PRUEBA DE HUMEDAD, C/LINEA A TIERRA 15A, 220V	1.20 ↑	
P	SALIDA PARA TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE A PRUEBA DE HUMEDAD, C/LINEA A TIERRA 15A, 220V	0.00	RECT. ESPECIAL 100x55x50
E	SALIDA PARA TOMACORRIENTE INDUSTRIAL A PRUEBA DE HUMEDAD, C/LINEA A TIERRA 15A, 220V	0.80 ↑	RECT. ESPECIAL 100x55x50



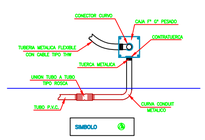
DETALLE DE INSTALACIONES DE TOMACORRIENTES
S/E



DETALLE DE EMPALMES EN CAJA OCTOGONAL
S/E



DETALLE DE TAPA TIPO GANG
S/E



DETALLE DE SALIDA ESPECIAL EN PISO ELECTROBOMBAS DE AGUA
S/E

ESPECIFICACIONES TECNICAS

1.– LA TUBERIA SERA PVC–P, MINIMO 20mmø
2.– EL CONDUCTOR SERA DE COBRE ELECTROLITICO CON AISLAMIENTO NH–80, 600V., UNIPOLAR MINIMO EL N° 2.5 M2.
3.– LAS CAJAS SERAN METALICAS PESADAS.
4.– LOS INTERRUPTORES DE PARED SERAN DEL TIPO BALANCIN OPERACION SILENCIOSA 10A./220V.
5.– TABLEROS DE EMPOTRAR DE F° GALVANIZADO PESADO CON INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS "NO FUSE" DE 10KA. DE CAPACIDAD DE RUPTURA.
6.– LOS TOMACORRIENTES SERAN DE USO GENERAL 10A./220V. CON TOMA A TIERRA.
7.– LAS PLACAS SERAN DE BAKELITAS COLOR MARFIL O ALUMINIO ANODIZADO.
8.– EN LOS TRAMOS EN QUE NO SE INDIQUE EL N° DE CONDUCTORES, SE ASUME QUE LLEVARAN 2 CONDUCTORES.
9.– LAS TUBERIAS QUE CRUCEN JARDIN O ESTACIONAMIENTO SERAN PROTEGIDAS CON UN DADO DE CONCRETO POBRE DE 100x100m. EN TODA SU LOGITUD.
10.– LOS CABLES QUE CONVERGEN A LAMPARAS EMPOTRADAS (SPOTLIGHT, DICROICOS) SERAN SILICONADAS.
11.– LA CAJA RECTANGULAR DONDE CONVERJAN TUBOS DE 25mmØPVC–P O MAS DE DOS DE 20mmØPVC–P, SE LE REEMPLAZARA CON UNA CAJA DE 100x20mm. CON TAPA DE UN GANG.

NOTA:

– TODAS LAS CAJAS DE PASE SERAN DE 100x100x50mm. A EXCEPCION DE LAS INDICADAS EN PLANTA.

– TODA LA TUBERIA ADOSADA IRA CON CAJAS DE PASE ADOSADA.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: INSTALACIONES ELÉCTRICAS - TOMACORRIENTES

PLANO: IE-02

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

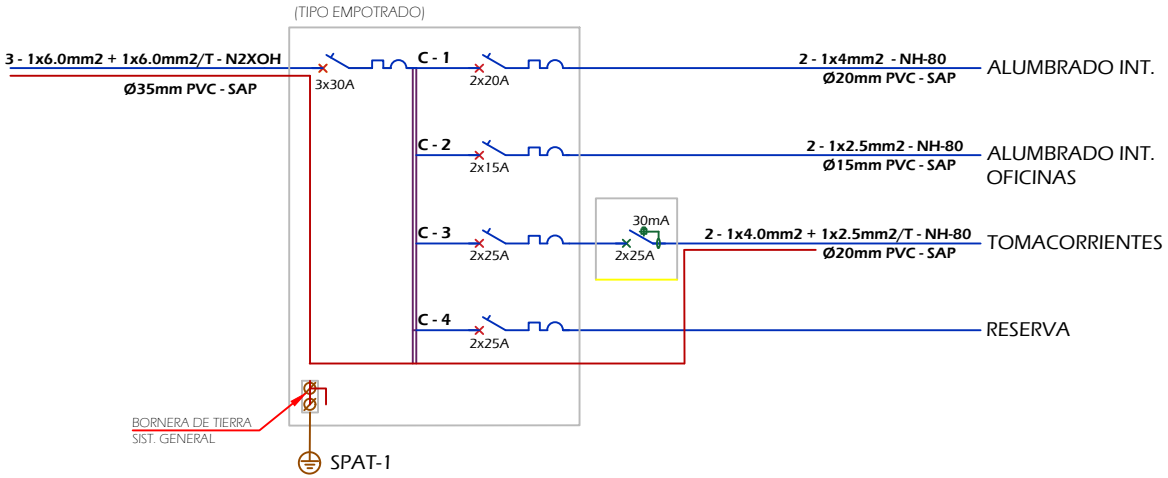
REGIÓN: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PERAYOC-UNSAAC

TESISTAS: BACH. VEHP /MICF

TD - 01

3Ø / 220V. / 60 Hz / 4.0 KW

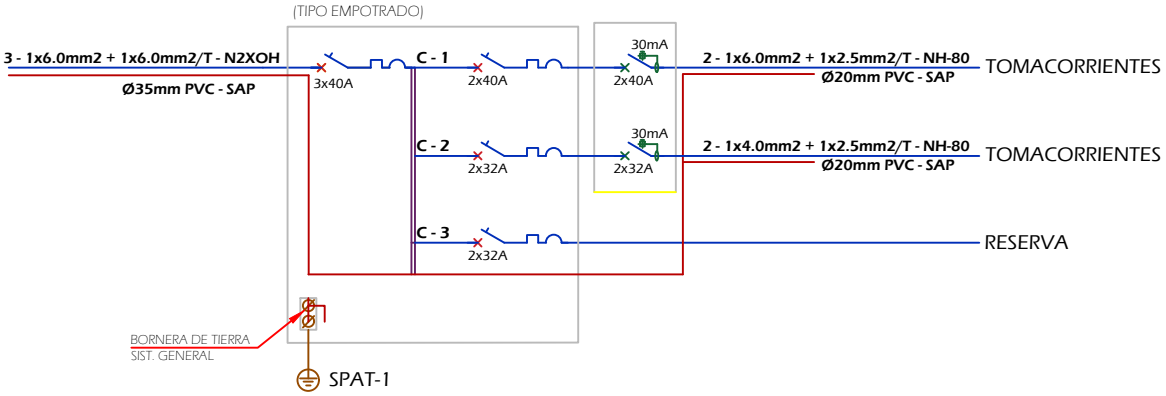
TD DE 12 POLOS TIPO RIEL DIN



TD - 02

3Ø / 220V. / 60 Hz / 7.5 KW

TD DE 12 POLOS TIPO RIEL DIN



LEYENDA - GENERAL

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	MONTAJE	
		ALTURA(m)	CAJA(mm)
	BANCO DE MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA / N° und. (Instalación Consecionario)	1.00 ↑	CONCESIONARIO
	MEDIDOR/CONTADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA	1.00 ↑	CONCESIONARIO
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	1.80 ↑	ESPECIAL
	CAJAS DE PASO CUADRADA DE F°G°	0.30 ↑	VER CLAVE
	CAJA DE PASO RECTANGULAR/OCTOGONAL	0.30 ↑ TECHO	—
	POZO PARA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	0.00	—
	SISTEMA DE CONTROL: INTERRRUPTOR BIPOLAR, PROTECCIÓN TERNICA 2x25A	1.60 ↑	150x150x100
	SALIDA DE FUERZA SOBRE PARED	1.80 ↑	150x150x100
	SALIDA PARA CALENTADOR/THERMA	2.20 ↑	OCTOGONAL $3\frac{1}{2}$"x$3\frac{1}{2}$"x$1\frac{1}{2}$"
	SALIDA PARA LAVADORA/SECADORA	1.80 ↑	OCTOGONAL $3\frac{1}{2}$"x$3\frac{1}{2}$"x$1\frac{1}{2}$"
	SALIDA PARA BOMBA DE AGUA	0.50 ↑	OCTOGONAL $3\frac{1}{2}$"x$3\frac{1}{2}$"x$1\frac{1}{2}$"
	DUCTO (PISO, PARED) PVC NTP 399.006, SAP Ø 25mm; PARA CIRCUITO DE GENERAL / FUERZA	—	—
	DUCTO (ENTERRADO) PVC NTP 399.006, SAP Ø 25mm; PARA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	—	—
	DUCTO PVC NTP 399.006, SAP Ø 20 - 25mm; PARA CIRCUITO DE TOMACORRIENTES	—	—
	DUCTO PVC NTP 399.006, SAP Ø 20 - 25mm; PARA CIRCUITO DE ILUMINACIÓN	—	—
	DUCTO PVC NTP 399.006, SAP Ø 20 - 25mm; PARA CIRCUITO DE INTERRUPTORES	—	—
	INDICA NÚMERO DE CABLES, QUE VAN POR DUCTO	—	—

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: DIAGRAMA UNIFILAR

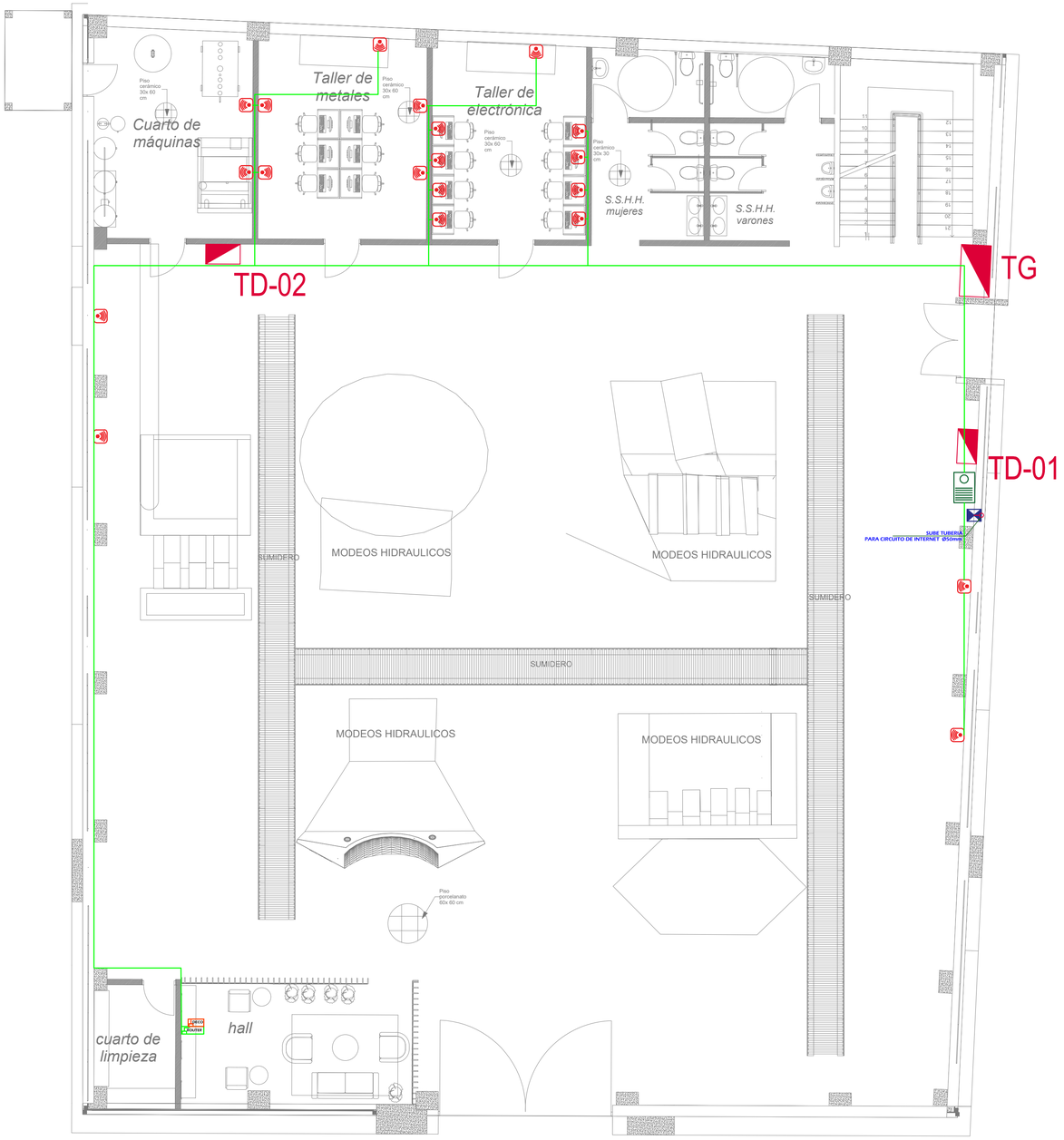
PLANO: IE-03

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

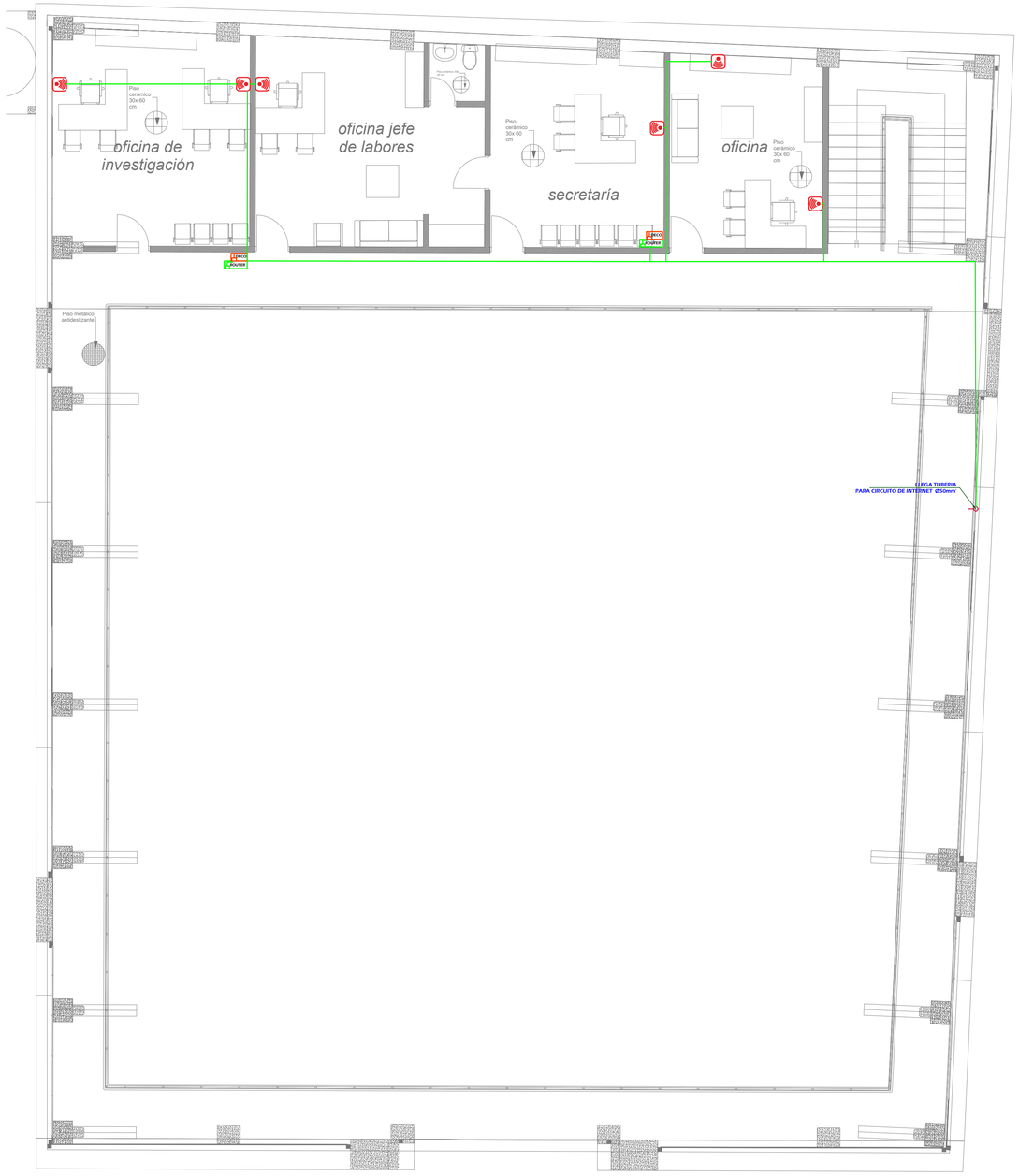
REGIÓN: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PERAYOC-UNSAAC

TESISTAS: BACH. VEHP /MICF



PRIMER NIVEL

ESC. 1 : 75



SEGUNDO NIVEL

ESC. 1 : 75

LEYENDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	MONTAJE	
		ALTURA(m)	CAJA(mm)
TV	SALIDA PARA TV - CABLE DIGITAL	1.50 ↑	CUADRADA 100x100x50 c/Tapa Gang
	SALIDA DE ETHERNET/INTERNET	0.40 ↑	
	SALIDA PARA TELEFONO STANDARD	0.40 ↑	
1 pco 1 ROUTER	RECEPTOR GENERAL PARA DISPOSITIVOS DE COMUNICACIÓN	1.80 ↑	CUADRADA F'G' 100x100x50
	CENTRAL DEL SISTEMA DE DATOS	1.40 ↑	—
	RECEPTOR INDIVIDUAL DEL SISTEMA DE INTERCOMUNICACIÓN	1.40 ↑	ESPECIAL
	CAJAS DE PASO, F'G' (Recomendación).	0.30 ↑	Ver Clave
	DUCTO PVC NTP 399.006, SAP Ø 20 - 20mm; PARA CIRCUITO DE INTERCOMUNICADOR/PORTERO	—	—
	DUCTO PVC NTP 399.006, SAP Ø 20 - 20mm; PARA CIRCUITO DE TELEFONÍA	—	—
	DUCTO PVC NTP 399.006, SAP Ø 20 - 20mm; PARA CIRCUITO DE TV. - CABLE	—	—
	DUCTO PVC NTP 399.006, SAP Ø 20 - 20mm; PARA CIRCUITO DE INTERNET	—	—

ESPECIFICACIONES TECNICAS

1.– LA TUBERIA SERA PVC–P, MINIMO 20mm∅
2.– EL CONDUCTOR SERA DE COBRE ELECTROLITICO CON AISLAMIENTO NH–80, 600V., UNIPOLAR MINIMO EL N° 2.5 M2.
3.– LAS CAJAS SERAN METALICAS PESADAS.
4.– LOS INTERRUPTORES DE PARED SERAN DEL TIPO BALANCIN OPERACION SILENCIOSA 10A./220V.
5.– TABLEROS DE EMPOTRAR DE F° GALVANIZADO PESADO CON INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS "NO FUSE" DE 10KA. DE CAPACIDAD DE RUPTURA.
6.– LOS TOMACORRIENTES SERAN DE USO GENERAL 10A./220V. CON TOMA A TIERRA.
7.– LAS PLACAS SERAN DE BAKELITAS COLOR MARFIL O ALUMINIO ANODIZADO.
8.– EN LOS TRAMOS EN QUE NO SE INDIQUE EL N° DE CONDUCTORES, SE ASUME QUE LLEVARAN 2 CONDUCTORES.
9.– LAS TUBERIAS QUE CRUCEN JARDIN O ESTACIONAMIENTO SERAN PROTEGIDAS CON UN DADO DE CONCRETO POBRE DE 100x100m. EN TODA SU LOGITUD.
10.– LOS CABLES QUE CONVERGEN A LAMPARAS EMPOTRADAS (SPOTLIGHT, DICROICOS) SERAN SILICONADAS.
11.– LA CAJA RECTANGULAR DONDE CONVERJAN TUBOS DE 25mm∅PVC–P O MAS DE DOS DE 20mm∅PVC–P, SE LE REEMPLAZARA CON UNA CAJA DE 100x20mm. CON TAPA DE UN GANG.

NOTA:

– TODAS LAS CAJAS DE PASE SERAN DE 100x100x50mm. A EXCEPCION DE LAS INDICADAS EN PLANTA.

– TODA LA TUBERIA ADOSADA IRA CON CAJAS DE PASE ADOSADA.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: INSTALACIONES DE DATA - ESPECIALES

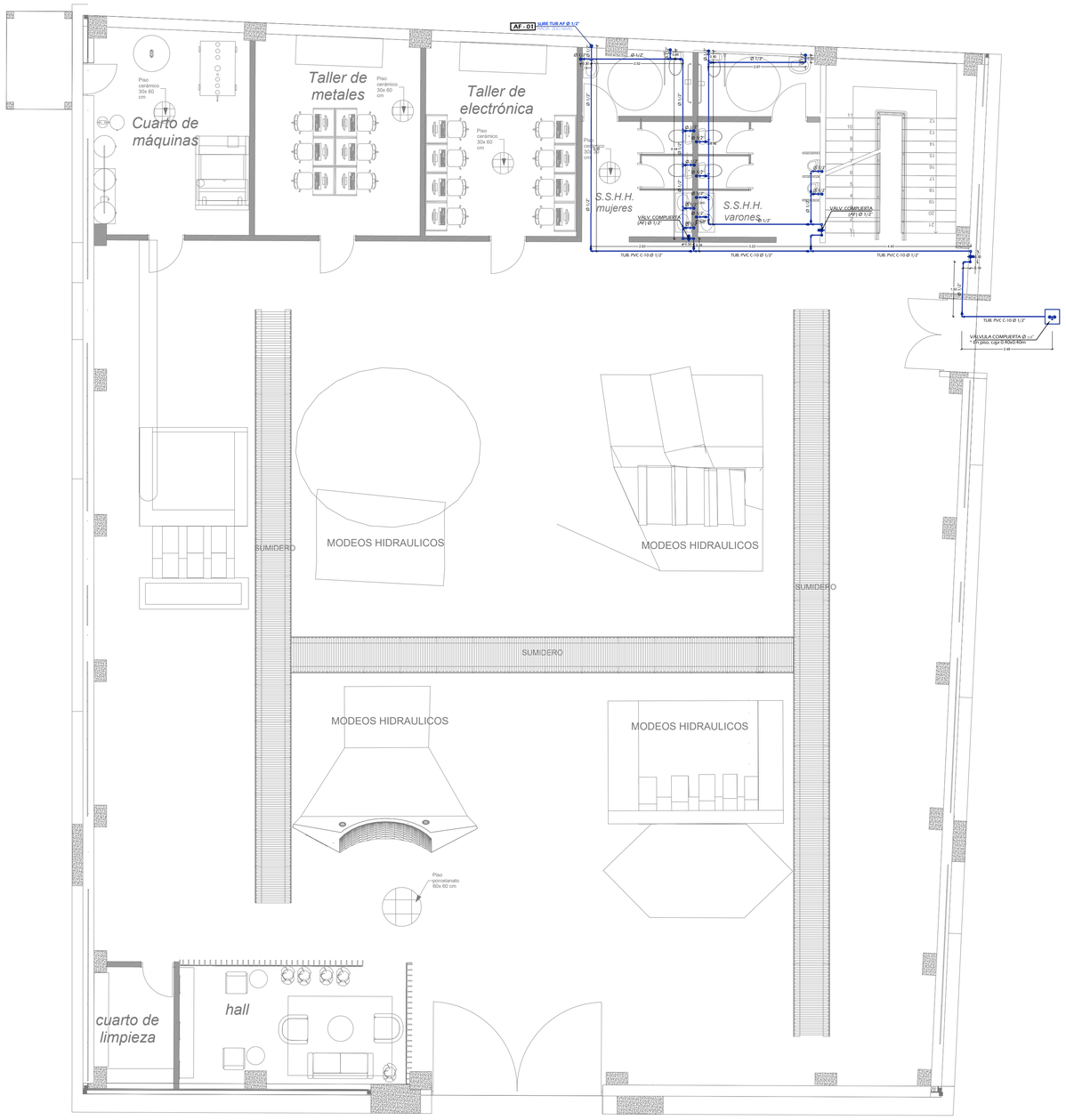
PLANO: ID-01

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

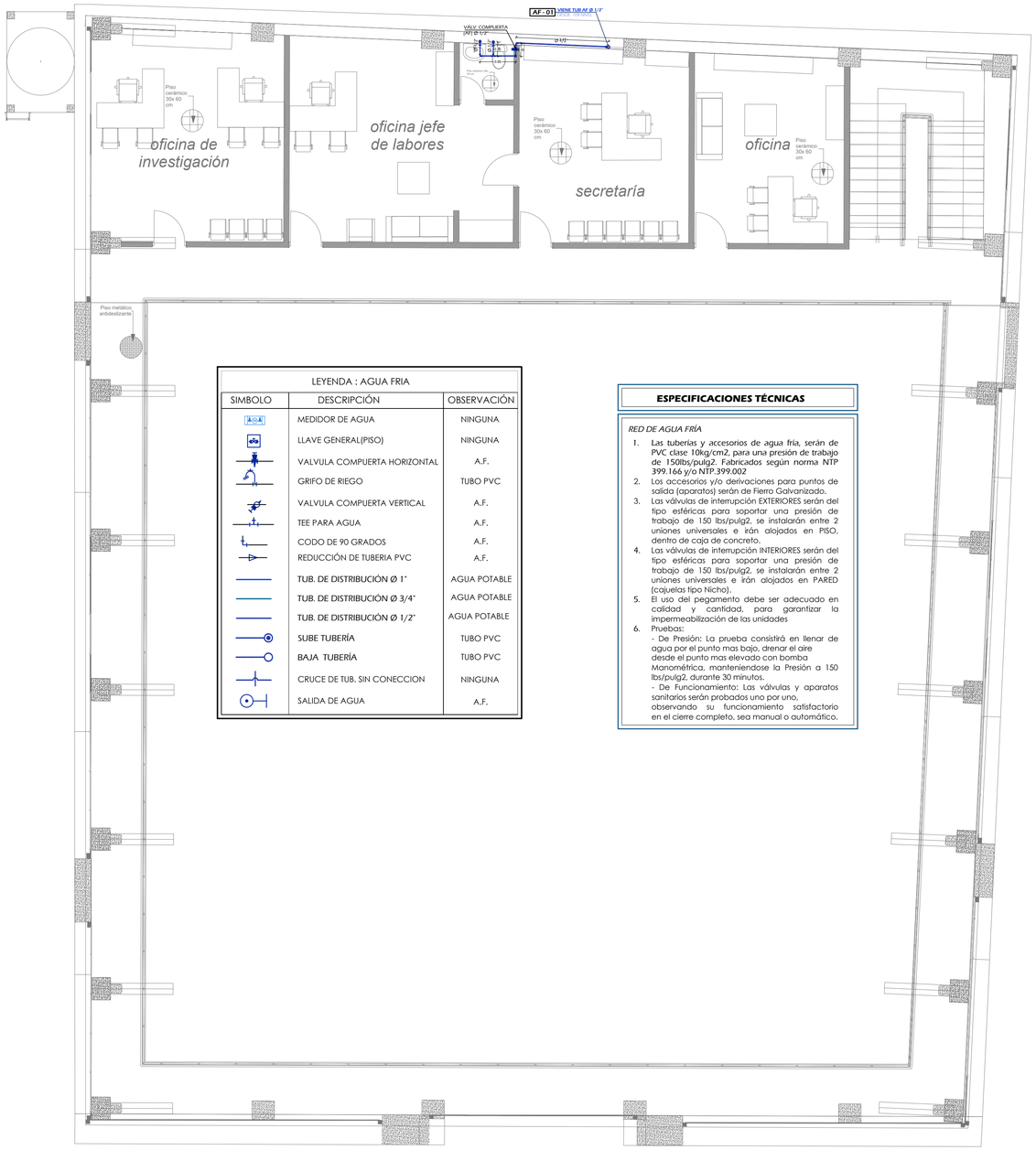
REGIÓN: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PERAYOC-UNSAAC

TESISTAS: BACH. VEHP /MICF



PRIMER NIVEL

ESC. 1 : 75



SEGUNDO NIVEL

ESC. 1 : 75

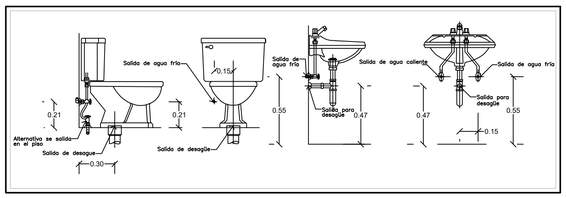
LEYENDA : AGUA FRIA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
	MEDIDOR DE AGUA	NINGUNA
	LLAVE GENERAL(PISO)	NINGUNA
	VALVULA COMPUERTA HORIZONTAL	A.F.
	GRIFO DE RIEGO	TUBO PVC
	VALVULA COMPUERTA VERTICAL	A.F.
	TEE PARA AGUA	A.F.
	CODO DE 90 GRADOS	A.F.
	REDUCCIÓN DE TUBERIA PVC	A.F.
	TUB. DE DISTRIBUCIÓN Ø 1"	AGUA POTABLE
	TUB. DE DISTRIBUCIÓN Ø 3/4"	AGUA POTABLE
	TUB. DE DISTRIBUCIÓN Ø 1/2"	AGUA POTABLE
	SUBE TUBERÍA	TUBO PVC
	BAJA TUBERÍA	TUBO PVC
	CRUCE DE TUB. SIN CONECCION	NINGUNA
	SALIDA DE AGUA	A.F.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

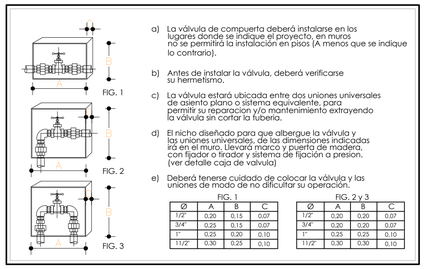
RED DE AGUA FRIA

1. Las tuberías y accesorios de agua fria, serán de PVC clase 10kg/cm2, para una presión de trabajo de 150lbs/pulg2. Fabricados según norma NTP 399.166 y/o NTP.399.002
2. Los accesorios y/o diertivaciones para puntos de salida (aparatos) serán de Fierro Galvanizado.
3. Las válvulas de interrupción EXTERIORES serán del tipo esféricas para soportar una presión de trabajo de 150 lbs/pulg2, se instalarán entre 2 uniones universales e irán alojados en PISO, dentro de caja de concreto.
4. Las válvulas de interrupción INTERIORES serán del tipo esféricas para soportar una presión de trabajo de 150 lbs/pulg2, se instalarán entre 2 uniones universales e irán alojados en PARED (cajuelas tipo Nicho).
5. El uso del pegamento debe ser adecuado en calidad y cantidad, para garantizar la impermeabilización de las unidades
6. Pruebas:
   - De Presión: La prueba consistirá en llenar de agua por el punto mas bajo, drenar el aire desde el punto mas elevado con bomba Manométrica, manteniendose la Presión a 150 lbs/pulg2, durante 30 minutos.
   - De Funcionamiento: Las válvulas y aparatos sanitarios serán probados uno por uno, observando su funcionamiento satisfactorio en el cierre completo, sea manual o automático.



DET. SALIDA DE AGUA Y DESAGUE EN APARATOS

ESC. S/E



a) La válvula de compuerta deberá instalarse en los lugares donde se indique el proyecto, en muros no se permitirá la instalación en pisos (A menos que se indique lo contrario).

b) Antes de instalar la válvula, deberá verificarse su hermetismo.

c) La válvula estará ubicada entre dos uniones universales de asiento plano o sistema equivalente, para permitir su reparacion y/o mantenimiento extrayendo la válvula sin cortar la tuberia.

d) El nicho diseñado para que albergue la válvula y las uniones universales, de las dimensiones indicadas irá en el muro. Llevará marco y puerta de madera, con fijador o tirador y sistema de fijación a presion. (ver detalle caja de valvula)

e) Deberá tenerse cuidado de colocar la válvula y las uniones de modo de no dificultar su operación.

FIG. 1

Ø	A	B	C
1/2"	0,20	0,15	0,07
3/4"	0,25	0,15	0,07
1"	0,25	0,20	0,10
11/2"	0,30	0,25	0,10

FIG. 2 y 3

Ø	A	B	C
1/2"	0,20	0,20	0,07
3/4"	0,20	0,20	0,07
1"	0,25	0,25	0,10
11/2"	0,30	0,30	0,10

DET. VALVULA COMPUERTA

ESC. S/E

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: INSTALACIONES SANITARIAS - AGUA

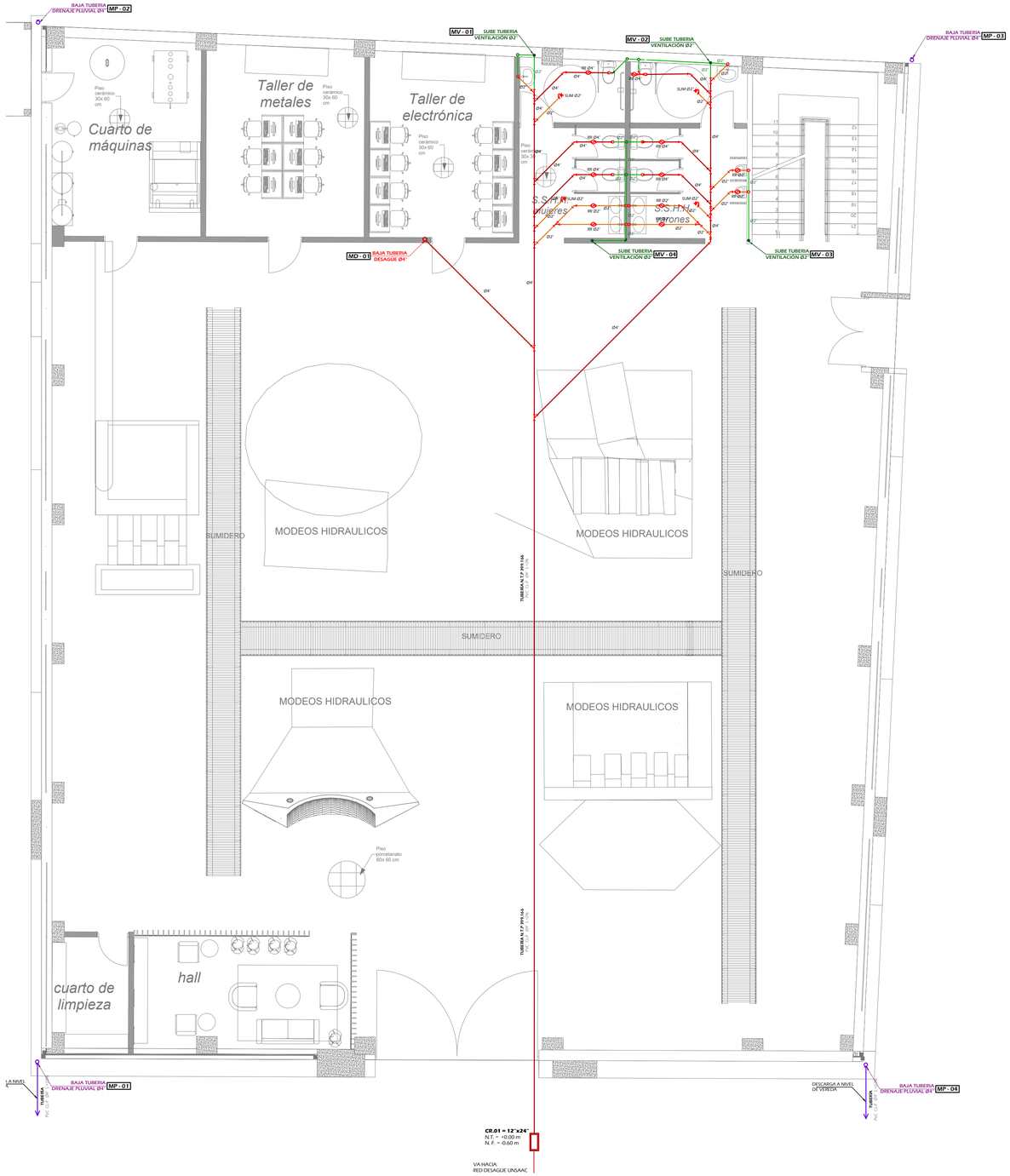
PLANO: IS-01

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

REGIÓN: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PERAYOC-UNSAAC

TESISTAS: BACH. VEHP /MICF

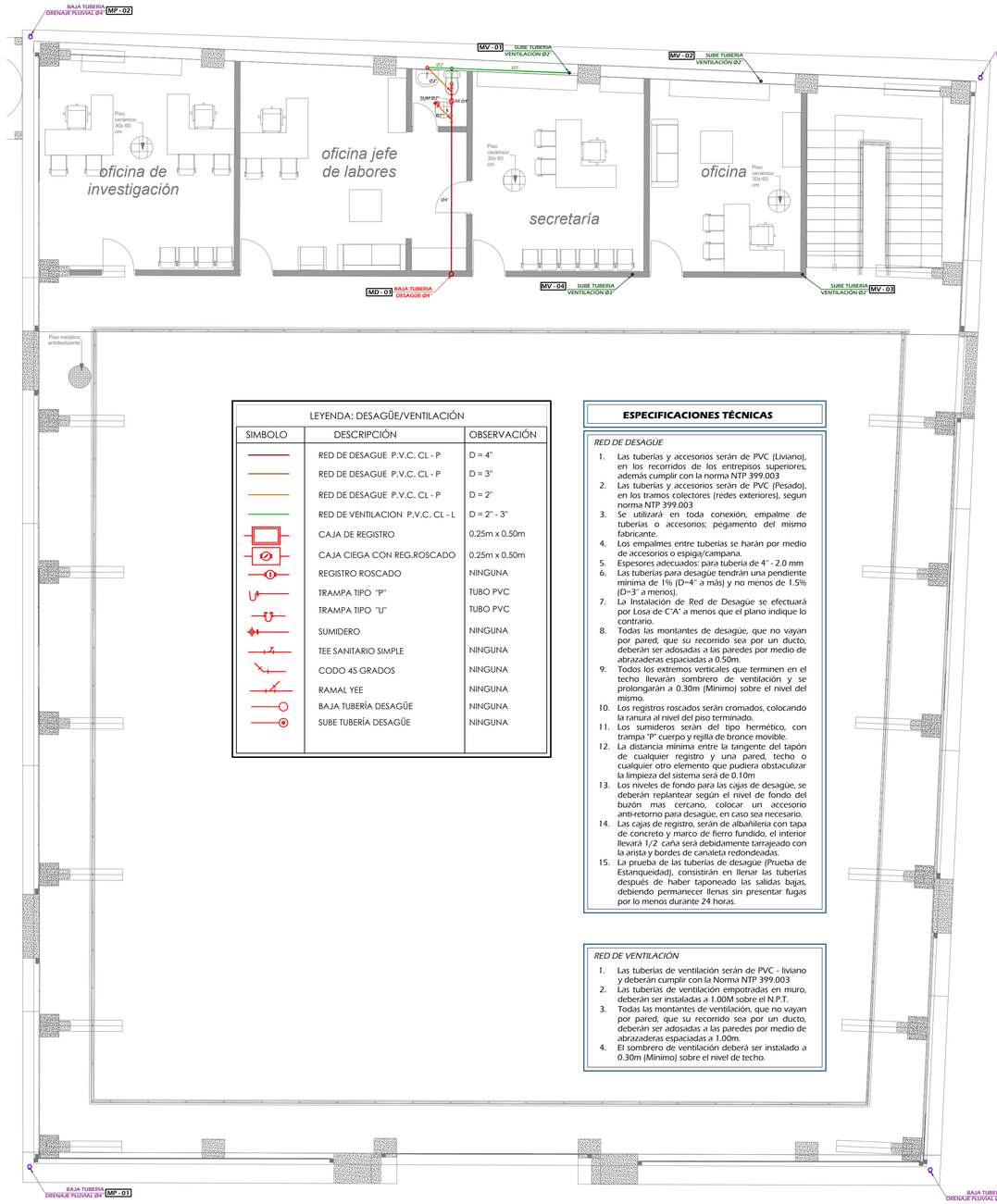


PRIMER NIVEL

ESC. 1 : 75

DET. SALIDA DE AGUA Y DESAGUE EN APARATOS

ESC. S/E



LEYENDA: DESAGÜE/VENTILACIÓN

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
	RED DE DESAGUE P.V.C. CL - P	D = 4"
	RED DE DESAGUE P.V.C. CL - P	D = 3"
	RED DE DESAGUE P.V.C. CL - P	D = 2"
	RED DE VENTILACION P.V.C. CL - L	D = 2" - 3"
	CAJA DE REGISTRO	0.25m x 0.50m
	CAJA CIEGA CON REG.ROSCADO	0.25m x 0.50m
	REGISTRO ROSCADO	NINGUNA
	TRAMPA TIPO "P"	TUBO PVC
	TRAMPA TIPO "U"	TUBO PVC
	SUMIDERO	NINGUNA
	TEE SANITARIO SIMPLE	NINGUNA
	CODO 45 GRADOS	NINGUNA
	RAMAL YEE	NINGUNA
	BAJA TUBERÍA DESAGÜE	NINGUNA
	SUBE TUBERÍA DESAGÜE	NINGUNA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

RED DE DESAGÜE

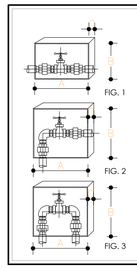
1. Las tuberías y accesorios serán de PVC (Liviano), en los recorridos de los entrepisos superiores, además cumplir con la norma NTP 399.003
2. Las tuberías y accesorios serán de PVC (Pesado), en los tramos colectores (redes exteriores), segun norma NTP 399.003
3. Se utilizará en toda conexión, empalme de tuberías o accesorios; pegamento del mismo fabricante.
4. Los empalmes entre tuberías se harán por medio de accesorios o espiga/campana.
5. Espesores adecuados; para tubería de 4" - 2.0 mm
6. Las tuberías para desagüe tendrán una pendiente mínima de 1% (D=4" a más) y no menos de 1.5% (D=3" a menos).
7. La Instalación de Red de Desagüe se efectuará por Losa de C°A° a menos que el plano indique lo contrario.
8. Todas las montantes de desagüe, que no vayan por pared, que su recorrido sea por un ducto, deberán ser adosadas a las paredes por medio de abrazaderas espaciadas a 0.50m.
9. Todos los extremos verticales que terminen en el techo llevarán sombrero de ventilación y se prolongarán a 0.30m (Mínimo) sobre el nivel del mismo.
10. Los registros roscados serán cromados, colocando la ranura al nivel del piso terminado.
11. Los sumideros serán del tipo hermético, con trampa "P" cuerpo y rejilla de bronce movible.
12. La distancia mínima entre la tangente del tapón de cualquier registro y una pared, techo o cualquier otro elemento que pudiera obstaculizar la limpieza del sistema será de 0.10m
13. Los niveles de fondo para las cajas de desagüe, se deberán replantear según el nivel de fondo del buzón mas cercano, colocar un accesorio anti-retorno para desagüe, en caso sea necesario.
14. Las cajas de registro, serán de albañileria con tapa de concreto y marco de fierro fundido, el interior llevará 1/2 caña será debidamente tarrajeado con la arista y bordes de canaleta redondeadas.
15. La prueba de las tuberías de desagüe (Prueba de Estanqueidad), consistirán en llenar las tuberías después de haber taponeado las salidas bajas, debiendo permanecer llenas sin presentar fugas por lo menos durante 24 horas.

RED DE VENTILACIÓN

1. Las tuberías de ventilación serán de PVC - liviano y deberán cumplir con la Norma NTP 399.003
2. Las tuberías de ventilación empotradas en muro, deberán ser instaladas a 1.00M sobre el N.P.T.
3. Todas las montantes de ventilación, que no vayan por pared, que su recorrido sea por un ducto, deberán ser adosadas a las paredes por medio de abrazaderas espaciadas a 1.00m.
4. El sombrero de ventilación deberá ser instalado a 0.30m (Mínimo) sobre el nivel de techo.

SEGUNDO NIVEL

ESC. 1 : 75



a) La válvula de compuerta deberá instalarse en los lugares donde se indique el proyecto, en muros no se permitirá la instalación en pisos (A menos que se indique lo contrario).

b) Antes de instalar la válvula, deberá verificarse su hermetismo.

c) La válvula estará ubicada entre dos uniones universales de asiento plano o sistema equivalente, para permitir su reparacion y/o mantenimiento extrayendo la válvula sin cortar la tubería.

d) El nicho diseñado para que albergue la válvula y las uniones universales, de las dimensiones indicadas irá en el muro. Llevará marco y puerta de madera, con fijador o tirador y sistema de fijación a presion. (ver detalle caja de valvula)

e) Deberá tenerse cuidado de colocar la válvula y las uniones de modo de no dificultar su operación.

FIG. 1

Ø	A	B	C
1/2"	0.20	0.15	0.07
3/4"	0.25	0.15	0.07
1"	0.25	0.20	0.10
11/2"	0.30	0.25	0.10

FIG. 2 y 3

Ø	A	B	C
1/2"	0.20	0.20	0.07
3/4"	0.20	0.20	0.07
1"	0.25	0.25	0.10
11/2"	0.30	0.30	0.10

DET. VALVULA COMPUERTA

ESC. S/E

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: INSTALACIONES SANITARIAS - DESAGUE Y VENTILACIÓN

PLANO: IS-02

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

REGIÓN: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PERAYOC-UNSAAC

TESISTAS: BACH. VEHP /MICF



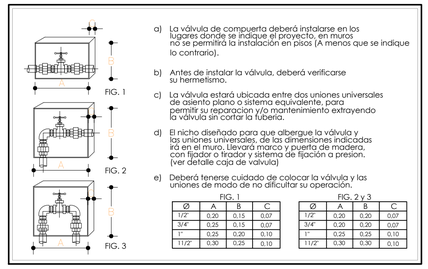
TECHO
ESC. 1 : 75

LEYENDA: DESAGÜE/VENTILACIÓN

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
	RED DE DESAGUE P.V.C. CL - P	D = 4"
	RED DE DESAGUE P.V.C. CL - P	D = 3"
	RED DE DESAGUE P.V.C. CL - P	D = 2"
	RED DE VENTILACION P.V.C. CL - L	D = 2" - 3"
	CAJA DE REGISTRO	0.25m x 0.50m
	CAJA CIEGA CON REG.ROSCADO	0.25m x 0.50m
	REGISTRO ROSCADO	NINGUNA
	TRAMPA TIPO "P"	TUBO PVC
	TRAMPA TIPO "U"	TUBO PVC
	SUMIDERO	NINGUNA
	TEE SANITARIO SIMPLE	NINGUNA
	CODO 45 GRADOS	NINGUNA
	RAMAL YEE	NINGUNA
	BAJA TUBERÍA DESAGÜE	NINGUNA
	SUBE TUBERÍA DESAGÜE	NINGUNA

LEYENDA: AGUAS PLUVIALES

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
	RED DE AGUAS PLUVIALES P.V.C. SAL	TUB. PVC CL-P
	CAJA DE REGISTRO	DE (.30x.60)
	CAJA CIEGA CON REG.ROSCADO	DE (.30x.60)
	BAJA TUB. DE EVACUACIÓN A.P.	TUB. PVC CL-P
	LLEGA TUB. DE EVACUACIÓN . A.P.	TUB. PVC CL-P
	DIRECCIÓN DE PENDIENTE	EN PISOS
	DIRECCIÓN DE PENDIENTE	EN TECHOS
	CAMBIO PENDIENTE EN PISOS	----



a) La válvula de compuerta deberá instalarse en los lugares donde se indique el proyecto, en muros no se permitirá la instalación en pisos (A menos que se indique lo contrario).

b) Antes de instalar la válvula, deberá verificarse su hermetismo.

c) La válvula estará ubicada entre dos uniones universales de asiento plano o sistema equivalente, para permitir su reparacion y/o mantenimiento extrayendo la válvula sin cortar la tubería.

d) El nicho diseñado para que albergue la válvula y las uniones universales, de las dimensiones indicadas irá en el muro. Llevará marco y puerta de madera, con fijador o tirador y sistema de fijación a presion. (ver detalle caja de valvula)

e) Deberá tenerse cuidado de colocar la válvula y las uniones de modo de no dificultar su operación.

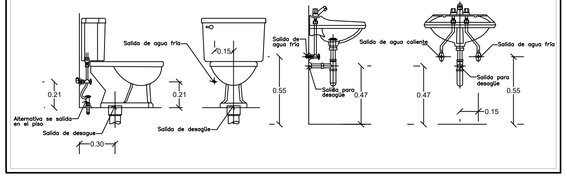
FIG. 1

Ø	A	B	C
1/2"	0.20	0.15	0.07
3/4"	0.25	0.15	0.07
1"	0.25	0.20	0.10
11/2"	0.30	0.25	0.10

FIG. 2 y 3

Ø	A	B	C
1/2"	0.20	0.20	0.07
3/4"	0.20	0.20	0.07
1"	0.25	0.25	0.10
11/2"	0.30	0.30	0.10

DET. VALVULA COMPUERTA
ESC. S/E



DET. SALIDA DE AGUA Y DESAGUE EN APARATOS
ESC. S/E

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

RED DE DESAGÜE

1. Las tuberías y accesorios serán de PVC (Liviano), en los recorridos de los entrepisos superiores, además cumplir con la norma NTP 399.003
2. Las tuberías y accesorios serán de PVC (Pesado), en los tramos colectores (redes exteriores), segun norma NTP 399.003
3. Se utilizará en toda conexión, empalme de tuberías o accesorios; pegamento del mismo fabricante.
4. Los empalmes entre tuberías se harán por medio de accesorios o espiga/campana.
5. Espesores adecuados: para tubería de 4" - 2.0 mm
6. Las tuberías para desagüe tendrán una pendiente mínima de 1% (D=4" a más) y no menos de 1.5% (D=3" a menos).
7. La Instalación de Red de Desagüe se efectuará por Losa de C°A° a menos que el plano indique lo contrario.
8. Todas las montantes de desagüe, que no vayan por pared, que su recorrido sea por un ducto, deberán ser adosadas a las paredes por medio de abrazaderas espaciadas a 0.50m.
9. Todos los extremos verticales que terminen en el techo llevarán sombrero de ventilación y se prolongarán a 0.30m (Mínimo) sobre el nivel del mismo.
10. Los registros roscados serán cromados, colocando la ranura al nivel del piso terminado.
11. Los sumideros serán del tipo hermético, con trampa "P" cuerpo y rejilla de bronce movible.
12. La distancia mínima entre la tangente del tapón de cualquier registro y una pared, techo o cualquier otro elemento que pudiera obstaculizar la limpieza del sistema será de 0.10m
13. Los niveles de fondo para las cajas de desagüe, se deberán replantear según el nivel de fondo del buzón mas cercano, colocar un accesorio anti-retorno para desagüe, en caso sea necesario.
14. Las cajas de registro, serán de albañilería con tapa de concreto y marco de fierro fundido, el interior llevará 1/2 caña será debidamente tarrajeado con la arista y bordes de canaleta redondeadas.
15. La prueba de las tuberías de desagüe (Prueba de Estanqueidad), consistirán en llenar las tuberías después de haber taponeado las salidas bajas, debiendo permanecer llenas sin presentar fugas por lo menos durante 24 horas.

RED DE VENTILACIÓN

1. Las tuberías de ventilación serán de PVC - liviano y deberán cumplir con la Norma NTP 399.003
2. Las tuberías de ventilación empotradas en muro, deberán ser instaladas a 1.00M sobre el N.P.T.
3. Todas las montantes de ventilación, que no vayan por pared, que su recorrido sea por un ducto, deberán ser adosadas a las paredes por medio de abrazaderas espaciadas a 1.00m.
4. El sombrero de ventilación deberá ser instalado a 0.30m (Mínimo) sobre el nivel de techo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESIS: "SISTEMAS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2024"

BLOQUE: LABORATORIO DE HIDRAULICA

PLANO: INSTALACIONES SANITARIAS - DESAGUE Y VENTILACIÓN

PLANO: IS-03

FECHA: SETIEMBRE DEL 2024

ESCALA: INDICADAS

REGIÓN: CUSCO
PROVINCIA: CUSCO
DISTRITO: CUSCO
LOCALIDAD: PERAYOC-UNSAAC

TESISTAS: BACH. VEHP /MICF