

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

“ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $F'C = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGIÓN DEL CUSCO - 2018”

para optar al título profesional de Ingeniero Civil

Presentado por:

LUNA PARO, Sergio Kevin

ZEVALLOS RADO, Giancarlos Jorge

Asesora:

Ing. LUZ MARLENE NIETO PALOMINO

Comisión dictaminadora de Tesis:

Presidente

MSc. Ing. JOSÉ FRANCISCO SERRANO FLORES

Integrantes

Dra. Ing. AIDA ZAPATA MAR

MSc. Ing. JOSÉ RONAL AGUILAR HUERTA

CUSCO, ENERO 2022

“ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE,
PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE
CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $f'c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGIÓN DEL
CUSCO-2018”

Ha sido aprobado.

MSc. Ing. José Francisco Serrano Flores

Presidente Jurado de Tesis

Dra. Ing. Aida Zapata Mar

Primer Integrante de Jurado de Tesis

MSc. Ing. José Ronald Aguilar Huerta

Segundo Integrante de Jurado de Tesis

DEDICATORIA

A mi madre por ser el pilar principal de mi vida y mi formación, quien con su amor y dedicación a su familia ha inculcado valores profundos en nosotros.

A mi padre, por su esfuerzo diario y lucha constante, inspirando a su familia a salir adelante y buscar siempre la superación personal.

A mi hermana, amigos y familiares que me han motivado y acompañado a la realización de este objetivo.

Al Ing. Guido Holgado, por su trayectoria y haber dejado huella en nosotros sus alumnos que tuvimos la suerte de haberlo conocido.

SERGIO KEVIN LUNA PARO

Esta tesis está dedicada con todo mi cariño a mi familia por su amor, apoyo y dedicación lo largo de toda esta carrera y mi vida.

A nuestro inolvidable Ing. Guido Eulogio Holgado Escalante a quien tuvimos la fortuna de conocerlo y aprender de él.

A todos mis amigos y a cada persona que nos apoyaron y alentaron a lograr nuestro objetivo.

“Por medio de cosas pequeñas y sencillas se realizan grandes cosas”

GIANCARLOS JORGE ZEVALLOS RADO

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por todas sus bendiciones y a mi familia por todo el amor, apoyo y guía permanente en toda mi etapa de formación profesional.

A la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, orgulloso de haber pisado sus aulas y haber sido parte de esta prestigiosa institución.

A la Facultad de Ingeniería civil, que me permitió recibir una formación académica y personal donde tuve la suerte de conocer docentes y amigos de alta calidad académica y humana.

A la empresa Conarena SRL. que me dio la oportunidad de realizar la presente investigación brindándome sus instalaciones, sus equipos y apoyo constante en la realización de la tesis

SERGIO KEVIN LUNA PARO.

A nuestro padre celestial por todas las bendiciones que nos otorga cada día.

A mi familia, por su apoyo incondicional.

A nuestra casa de estudios Universidad nacional de San Antonio Abad del Cusco y a la Facultad de Ingeniería Civil, a cada uno de los docentes quienes apoyaron nuestro crecimiento profesional y personal.

GIANCARLOS JORGE ZEVALLOS RADO

ABSTRACT

This research focused on the study of the performance of short-term mechanical resistance in a design of shotcrete or shotcrete $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ dosed with the main types of cements most widely used in the market for the production industrial ready-mix concrete in the Cusco region Yura IP and Yura HE.

The research was proposed to know the performance of initial and early resistance with both types of cement in the same shotcrete design $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ with laboratory and field tests.

For the development of the research, the initial and early resistance on square panels projected with a mixture of shotcrete using the two types of IP and HE cements was analyzed through pocket penetrometer tests on the panels, as well as simple compression tests on witnesses. 2" x 4" cylindrical holes removed from projected panels.

When comparing the results obtained in the present investigation, we conclude that the performance of the initial resistance of the shotcrete $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ dosed with Yura HE cement is 3.13% higher than the shotcrete $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ dosed with Yura IP cement; while the early strength at 7 days of the shotcrete $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ dosed with yura HE is 18.68% higher than the shotcrete $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ dosed with yura IP cement.

The implications of the content and conclusions of this research are of a practical nature for the design, dosage, preparation and application of shotcrete in order to meet quality standards in engineering projects.

RESUMEN

La presente investigación se concentró en el estudio del desempeño de las resistencias mecánicas a corto plazo en un diseño de concreto lanzado o shotcrete $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ dosificado con los principales tipos de cementos de uso más difundido en el mercado para la producción industrial de concreto premezclado en la región del Cusco Yura IP y Yura HE.

la investigación se propuso para conocer el desempeño de resistencias iniciales y tempranas con ambos tipos de cementante en un mismo diseño de shotcrete $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con ensayos de laboratorio y campo.

Para el desarrollo de la investigación, se analizó la resistencia inicial y temprana sobre paneles cuadrados proyectados con una mezcla de shotcrete usando los dos tipos de cementos IP y HE a través de ensayos de penetrómetro pocket sobre los paneles, así como de compresión simple en testigos cilíndricos de 2" x 4" extraídos de los paneles proyectados.

Al comparar los resultados obtenidos en la presente investigación concluimos que el desempeño de la resistencia inicial del shotcrete $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ dosificado con cemento Yura HE es de 3.13% por encima del shotcrete $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ dosificado con el cemento Yura IP; mientras que la resistencia temprana a los 7 días del shotcrete $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ dosificación con yura HE es de 18.68 % por encima del shotcrete $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ dosificado con cemento yura IP.

Las implicancias del contenido y conclusiones de esta investigación son de carácter práctico para el diseño, dosificación, elaboración y aplicación de shotcrete para así cumplir estándares de calidad en proyectos de ingeniería.

INDICE

Contenido

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ABSTRACT.....	v
RESUMEN	vi
INDICE.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN.	1
1.1 Área de Investigación.	1
1.2 Planteamiento del Problema.	1
1.2.1 Situación problemática.....	1
1.3 Formulación del problema objetivo de la investigación.	1
1.3.1 Problema General.....	1
1.3.2 Problemas Específicos.	2
1.4 Justificación e importancia del problema.	2
1.5 Objetivos de la investigación.	2
1.5.1 Objetivo General.....	2
1.5.2 Objetivos Específicos.....	2
1.6 Hipótesis y Variables.	3
1.6.1 Hipótesis general.....	3
1.6.2 Hipótesis específicas.....	3
1.7 Identificación de variables.	3
1.7.1 Variable Independientes.....	3
1.7.2 Variables Dependientes	3
1.7.3 Unidad de análisis.	3
1.7.4 Ámbito geográfico.	3
1.7.5 Periodo	3
1.8 Operacionalización de variable.....	4
1.9 Tipo de la investigación.	5
1.10 Diseño de la investigación.	5
1.11 Método de la investigación.	5

1.12	Nivel de la investigación.....	5
1.13	Población de estudio.	5
1.14	Elección de muestra.	5
1.15	Tamaño de muestra.	5
1.16	Viabilidad en la investigación.....	7
1.17	Alcances de la investigación.	7
1.18	Limitaciones de la investigación.....	7
CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.		8
2.1	Antecedentes de la investigación.	8
2.1.1	Estudio experimental del comportamiento por desempeño de concreto lanzado reforzado con fibras metálicas (2011).....	8
2.1.2	Influencia de las Fibras en el Shotcrete en su capacidad de absorción de energía y resistencia a la flexión (2017).	8
2.1.3	Proceso constructivo del concreto proyectado para estabilidad de taludes en la obra del túnel debajo del rio Rímac, Lima (2015).....	9
2.2	Desarrollo evolutivo de uso de concreto lanzado.	9
2.3	Concreto proyectado – Shotcrete	10
2.3.1	Tipos de concreto proyectado.	10
2.3.2	Propiedades del concreto proyectado.....	12
2.4	Aplicaciones de shotcrete.	16
2.5	Materiales componentes del concreto lanzado	19
2.5.1	Cemento Portland.....	19
2.5.2	Agregados	25
2.5.3	Agua.....	26
2.5.4	Aditivos.....	27
2.6	Ensayos de los materiales componentes para shotcrete en laboratorio.....	34
2.6.1	Cemento.	34
2.6.2	Agregados.	35
2.6.3	Agua para mezcla.....	40
2.7	Diseño de Mezclas	40
2.7.1	Consideraciones para diseño.....	41
2.7.2	Proporciones para diseño de mezcla según el Método ACI 211.1	42
2.8	Ensayos para Shotcrete en estado fresco	47
2.8.1	Ensayo para la determinación de asentamiento de concreto fresco (SLUMP)....	47
2.8.2	Determinación de Temperatura de mezcla.	48
2.8.3	Rendimiento y contenido de Aire.	49

2.9	Equipos de Aplicación para lanzado de Shotcrete Vía Húmeda.....	50
2.9.1	Bombas de Proyección de Concreto	51
2.9.2	Compresora de aire	52
2.9.3	Tuberías de conducción.	53
2.9.4	Boquillas	53
2.10	Resistencia Temprana en concreto Proyectado.....	55
2.10.1	Curvas J.....	55
2.11	Paneles de Pruebas de Shotcrete.	56
2.12	Consideraciones de lanzamiento del concreto o shotcrete.....	59
CAPÍTULO III. PROCEDIMIENTO Y RECOLECCIÓN DE DATOS.....		63
3.1	Procedimientos.....	63
3.1.1	Descripción de los ensayos de materiales componentes para Shotcrete.....	63
3.1.2	Descripción ensayos para Shotcrete en estado fresco.....	83
3.1.3	Descripción del Diseño.	86
3.1.4	Descripción de Procedimiento de lanzado.....	100
3.1.5	Movilización y Organización del área de producción:	105
3.1.6	Producción y Proyección de shotcrete	109
3.1.7	Elaboración de Especímenes de concreto lanzado.....	112
3.1.8	Análisis del ensayo de Penetrómetro pocket para Concreto.....	113
3.1.9	Análisis de la resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos de concreto lanzado.....	115
3.2	Recolección de Datos.....	121
3.2.1	Resultados de ensayos a materiales constituyentes.	121
3.2.2	Diseños finales para mezcla de Shotcrete $f'c=280$ kg/cm ²	130
3.2.3	Resultados de ensayos de shotcrete en estado fresco.....	131
	Esquema de ensayos.	131
3.2.4	Resultados de Resistencia inicial a la compresión.....	134
3.2.5	Resultados de Ensayos de resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos extraídos de paneles.	157
CAPÍTULO IV. ANALISIS E INTERPRETACION.....		164
4.1	Diseños de Mezclas.....	164
4.2	Análisis comparativo de resistencia inicial en paneles proyectados con Penetrómetro Pocket antes de las 24 hrs.	165
4.3	Análisis comparativo de resistencia temprana en testigos cilíndricos de concreto lanzado extraídos con diamantina.....	168
4.3.1	Análisis comparativo de resistencia temprana en testigos de concreto lanzado Edad :01 día.	168

4.3.2	Análisis comparativo de resistencia temprana en testigos de concreto lanzado Edad :03 días.....	169
4.3.3	Análisis comparativo de resistencia temprana en testigos de concreto lanzado Edad :07 días.....	171
4.4	Discusión.....	174
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		175
5.1	Conclusiones y recomendaciones	175
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....		176
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA		179
ANEXOS		181

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 1.</i>	Requisitos físicos para Cemento Portland según tipo	20
<i>Tabla N° 2.</i>	Requisitos químicos para Cemento Portland según tipo	21
<i>Tabla N° 3.</i>	Características químicas cemento portland yura tipo I.	22
<i>Tabla N° 4.</i>	Características físicas cemento portland yura tipo I.....	23
<i>Tabla N° 5.</i>	Características físicas cemento portland yura tipo HE.....	24
<i>Tabla N° 6.</i>	Características Químicas Cemento Yura HE	25
<i>Tabla N° 7.</i>	Parámetros Granulométricos de Agregado	26
<i>Tabla N° 8.</i>	Límites químicos opcionales para el agua de mezcla combinada	27
<i>Tabla N° 9.</i>	Aditivos y su normalización para el concreto Lanzado	28
<i>Tabla N° 10.</i>	Características del aditivo super plastificante SH-6.....	29
<i>Tabla N° 11.</i>	Clases de químicos para aditivos Acelerantes.....	32
<i>Tabla N° 12.</i>	Características del aditivo Acelerante Sika Sigunit L-60 AF Plus.....	32
<i>Tabla N° 13.</i>	Límites de graduación para agregados de ACI-506	37
<i>Tabla N° 14.</i>	Resultados de análisis fisicoquímico de agua a utilizar en producción.	40
<i>Tabla N° 15.</i>	Selección de resistencia requerida.....	42
<i>Tabla N° 16.</i>	Correlación resistencia -contenido de cemento.....	43
<i>Tabla N° 17.</i>	Gradación G2 del ACI 506.....	44
<i>Tabla N° 18.</i>	Primera estimación del peso del concreto fresco.	44
<i>Tabla N° 19.</i>	Valores de Prediseño de mezcla con ACI 211.1	45
<i>Tabla N° 20.</i>	Proporciones finales del diseño de mezcla por ACI 211.1	46
<i>Tabla N° 21.</i>	Cantidad mínima de muestra para Lavado por malla N°200	67
<i>Tabla N° 22.</i>	Cantidad mínima de muestra de agregado	71
<i>Tabla N° 23.</i>	Tamaño de muestra de agregado para ensayo de Contenido de Humedad	80
<i>Tabla N° 24.</i>	Diseño de mezcla shotcrete tanda de prueba N°1.	89
<i>Tabla N° 25.</i>	Diseño de mezcla shotcrete tanda de prueba N°2	91
<i>Tabla N° 26.</i>	Diseño de mezcla shotcrete tanda de prueba N°3	93
<i>Tabla N° 27.</i>	Diseño de mezcla shotcrete tanda de prueba N°4	95
<i>Tabla N° 28.</i>	Probetas de control tanda de prueba N°4	96
<i>Tabla N° 29.</i>	Diseño de mezcla shotcrete tanda de prueba N°5.	98
<i>Tabla N° 30.</i>	Probetas de control tanda de prueba N°4	99
<i>Tabla N° 31.</i>	Datos para ensayo de tiempo de fraguado (Vicat) para Yura IP	121
<i>Tabla N° 32.</i>	Registro de lecturas Tiempo -Penetración (Vicat) Yura IP.....	121
<i>Tabla N° 33.</i>	Resultados aguja de Vicat Yura IP	122

<i>Tabla N° 34.</i>	Datos para ensayo de tiempo de fraguado (Vicat) para Yura HE	123
<i>Tabla N° 35.</i>	Registro de lecturas Tiempo -Penetración (Vicat) Yura HE.....	123
<i>Tabla N° 36.</i>	Resultados aguja de Vicat Yura HE.....	124
<i>Tabla N° 37.</i>	Resultados del ensayo de Lavado por malla N°200.....	124
<i>Tabla N° 38.</i>	Granulometría N° 01 de agregado fino.	125
<i>Tabla N° 39.</i>	Granulometría N°02 de agregado fino	127
<i>Tabla N° 40.</i>	Resultados de peso específico y absorción.	128
<i>Tabla N° 41.</i>	Resultados de contenido de agua fecha 13-09-2021.	129
<i>Tabla N° 42.</i>	Diseño de mezcla shotcrete con cemento IP	130
<i>Tabla N° 43.</i>	Diseño de mezcla shotcrete con cemento HE	130
<i>Tabla N° 44.</i>	Resultados de asentamientos (slump)	132
<i>Tabla N° 45.</i>	Resultados de Temperatura en la mezcla.	132
<i>Tabla N° 46.</i>	Resultado de Peso unitario y contenido de Aire	133
<i>Tabla N° 47.</i>	Ensayos con penetrómetro panel P01 - cemento tipo IP.....	134
<i>Tabla N° 48.</i>	Ensayos con penetrómetro panel P02 - cemento tipo IP.....	136
<i>Tabla N° 50.</i>	Ensayos con penetrómetro panel P04 - cemento tipo IP.....	140
<i>Tabla N° 51.</i>	Ensayos con penetrómetro panel P05 - cemento tipo IP.....	142
<i>Tabla N° 52.</i>	Ensayos con penetrómetro panel P06 - cemento tipo IP.....	144
<i>Tabla N° 53.</i>	Ensayos con penetrómetro panel P07 - cemento tipo HE.....	146
<i>Tabla N° 54.</i>	Ensayos con penetrómetro panel P08 - cemento tipo HE.....	148
<i>Tabla N° 55.</i>	Ensayos con penetrómetro panel P09 - cemento tipo HE.....	150
<i>Tabla N° 56.</i>	Ensayos con penetrómetro panel P10 - cemento tipo HE.....	152
<i>Tabla N° 57.</i>	Ensayos con penetrómetro panel P11 - cemento tipo HE.....	154
<i>Tabla N° 58.</i>	Ensayos con penetrómetro panel P12 - cemento tipo HE.....	156
<i>Tabla N° 59.</i>	Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos - 01 día - cemento IP... 158	
<i>Tabla N° 60.</i>	Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos - 03 días - cemento IP. 159	
<i>Tabla N° 61.</i>	Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos - 07 días - cemento IP. 160	
<i>Tabla N° 62.</i>	Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos - 01 día - cemento HE. 161	
<i>Tabla N° 63.</i>	Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos - 03 días - cemento HE. 162	
<i>Tabla N° 64.</i>	Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos - 07 días - cemento HE. 163	
<i>Tabla N° 65.</i>	Variación de materiales en tandas de prueba.	164
<i>Tabla N° 66.</i>	Promedios de resistencia inicial en paneles proyectados con cemento Yura IP con Penetrómetro Pocket antes de las 24 hrs.	165
<i>Tabla N° 67.</i>	Promedios de resistencia inicial en paneles proyectados con cemento Yura HE con Penetrómetro Pocket antes de las 24 hrs.	166

<i>Tabla N° 68.</i>	Comparativo de resistencia temprana - Edad :01 día - Yura IP y HE.....	168
<i>Tabla N° 69.</i>	Comparativo de resistencia temprana - Edad :03 días - Yura IP y HE	170
<i>Tabla N° 70.</i>	Comparativo de resistencia temprana - Edad :07 días - Yura IP y HE	171
<i>Tabla N° 71.</i>	Resumen resistencia temprana - Edad :01, 03 y 07 días.....	173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama cantidad paneles cuadrados proyectados.....	6
Figura 2.	Diagrama cantidad testigos cilíndricos extraídos.	6
Figura 3.	Diagrama aplicación shotcrete VÍA SECA.....	11
Figura 4.	Diagrama aplicación shotcrete VÍA HÚMEDA.	12
Figura 5.	Bombeo de Shotcrete a gran altura.	13
Figura 6.	Proyección sobre superficie de concreto y acero.	13
Figura 7.	Proyección en socavón, difícil acceso.	14
Figura 8.	Juntas de construcción en estabilización en minería.....	15
Figura 9.	Equipos de aplicación robotizado de shotcrete seguros.....	15
Figura 10.	Aplicación de Concreto lanzado asentamiento de taludes.....	16
Figura 11.	Aplicación de Concreto lanzado en minas.....	17
Figura 12.	Aplicación de Concreto para estabilización de taludes.....	17
Figura 13.	Aplicación de Concreto para reparación de elementos estructurales.....	18
Figura 14.	Presentación de 42.5 kg cemento Yura IP	23
Figura 15.	Presentación de 42.5 kg cemento Yura HE	25
Figura 16.	Momento de Aplicación Reductor de Agua.....	29
Figura 17.	Aditivo superplastificante SH-6.....	30
Figura 18.	Momento de Aplicación Acelerante	31
Figura 19.	Aditivo Acelerante de fragua Sigunit L60 AF Plus	33
Figura 20.	Aparato manual de Vicat	34
Figura 21.	Instrumentos para el ensayo de fraguado de cemento con aguja Vicat	35
Figura 22.	Dimensiones del molde para determinar el asentamiento.....	47
Figura 23.	Termómetro digital TP101	48
Figura 24.	Diagrama de Disposición de Equipos para Proyección de Shotcrete	50
Figura 25.	Bomba de proyección de concreto TK-40 Putzmeister.	51
Figura 26.	Detalle de tolva y doble cilindro de TK -40.	51
Figura 27.	Detalle funcionamiento de compresora de aire tipo tornillo.....	52
Figura 28.	Compresora de aire tipo tornillo CompAir C110-9.....	52
Figura 29.	Tuberías para transporte de material de 2”	53
Figura 30.	Tipos de boquillas para aplicación concreto lanzado	54
Figura 31.	Modelo estándar de boquilla para aplicación de shotcrete	54
Figura 32.	Boquilla marca Grove para tuberías de 2”	55
Figura 33.	Requisitos de resistencia temprana hormigón proyectado.....	56

Figura 34.	Molde de panel cuadrado 610mmx610mmx100mm.	57
Figura 35.	Preparación de moldes para elaboración de paneles.....	57
Figura 36.	Pintado del molde de panel cuadrado.	58
Figura 37.	Engrasado de moldes para recibir mezcla.....	58
Figura 38.	06 moldes para elaboración de paneles.....	59
Figura 39.	Distancia recomendada para aplicación de shotcrete.....	60
Figura 40.	60
Figura 41.	Patrón circular de disparo recomendada para aplicación de shotcrete.	60
Figura 42.	Aplicación de shotcrete en forma manual y la distancia de proyección y posición del operador	61
Figura 43.	Aplicación de shotcrete en forma perpendicular.	61
Figura 44.	Aplicación de shotcrete en los paneles para ensayos.....	62
Figura 45.	Pesaje de cemento 650 gr. para ensayo.....	63
Figura 46.	preparación de la pasta de cemento en condiciones normales.....	63
Figura 47.	Modelamiento de espécimen en tronco -cónico.....	64
Figura 48.	Lectura del aparato vicat.	64
Figura 49.	Penetraciones de aguja para lectura	65
Figura 50.	Tiempo de fragua fina de cemento Yura IP	65
Figura 51.	Diagrama ensayo fraguado de cemento	66
Figura 52.	Pesaje y agitado de muestra con agua.....	67
Figura 53.	Agitado y decantación de agua sobre malla N°200	68
Figura 54.	culminación de lavado y retorno de material retenido por la malla N°200	68
Figura 55.	Secado y pesaje final de la muestra para ensayo de lavado por malla N°200 ...	69
Figura 56.	Diagrama de ensayo tamiz N°200.	70
Figura 57.	Secado y pesaje de muestra de agregado	71
Figura 58.	Colocación descendente de tamices y vertido de muestra.....	72
Figura 59.	Vertido de muestra de material en tamices	72
Figura 60.	Agitador mecánico para tamizar muestra	73
Figura 61.	Pesaje de material retenido en cada Malla.....	73
Figura 62.	Diagrama ensayo de granulometría.	74
Figura 63.	Muestra sumergida en agua y decantación.	75
Figura 64.	Secado de superficie de partículas.	75
Figura 65.	Uso de molde cónico y apisonado.	76
Figura 66.	Muestra saturada superficialmente seca (sss).	76
Figura 67.	Llenado de matraz con muestra y agua.....	77
Figura 68.	Agitado del matraz.....	77

Figura 69.	Extracción de burbujas y pesaje.....	78
Figura 70.	Secado de muestra y pesaje de material seco.....	78
Figura 71.	Diagrama de ensayo Peso específico y absorción.....	79
Figura 72.	Pesaje de muestra de agregado con humedad.....	80
Figura 73.	Secado de muestra en cocina a gas.....	81
Figura 74.	Pesaje de muestra de agregado Seco.....	81
Figura 75.	Secado de muestra y pesaje de material seco.....	82
Figura 76.	Llenado de cono de abrams.....	83
Figura 77.	Retiro de cono de Abrams.....	83
Figura 78.	Medición de asentamiento de mezcla.....	84
Figura 79.	Medición de temperatura de mezcla.....	84
Figura 80.	Llenado de olla Washington.....	85
Figura 81.	Llenado de válvulas de purga de olla Washington.....	85
Figura 82.	Bombeo de aire en olla Washington.....	86
Figura 83.	Diagrama de flujo para Diseño de Mezcla.....	87
Figura 84.	Pesaje de materiales para desarrollo de tandas de prueba.....	88
Figura 85.	Desarrollo de tandas de Prueba en laboratorio para diseño de shotcrete.....	88
Figura 86.	Mezcla de tanda de prueba N°1, mezcla sin alcanzar fluidez.....	90
Figura 87.	Mezcla de tanda de prueba N°2, reacción química manifestación de burbujeo.....	92
Figura 88.	Mezcla de tanda de prueba N°3, revenimiento y elaboración de probetas.....	94
Figura 89.	Mezcla de tanda de prueba N°3, probetas sin alcanzar la fragua final a 24 hrs.....	94
Figura 90.	Probetas de control tanda de prueba N°4.....	97
Figura 91.	Rotura de probetas de control tanda de prueba N°5.....	99
Figura 92.	Diagrama de procedimiento de la zona de producción.....	100
Figura 93.	Organización de la zona de producción.....	100
Figura 94.	Disposición de maquinaria y equipo.....	101
Figura 95.	Llenado de baldes con agregado fino y agua.....	101
Figura 96.	Pesaje del cemento y del aditivo superplastificante.....	102
Figura 97.	Vertido de los materiales hacia la mezcladora.....	102
Figura 98.	Verificación de la mezcla del concreto.....	103
Figura 99.	Vaciado de concreto hacia la tolva de la bomba TK-40.....	103
Figura 100.	Proyección de la mezcla del concreto lanzado.....	104
Figura 101.	Nivelado de la mezcla del concreto en cada panel.....	104
Figura 102.	Desencofrado de paneles proyectados.....	105
Figura 103.	Construcción de la zaranda ¾”, Zarandeo y Traslado del material a la zona de producción.....	105

Figura 104.	Traslado del material a la zona de producción.....	106
Figura 105.	Adquisición traslado de los cementos IP y HE	106
Figura 106.	Apilamiento de los cementos IP y HE.	107
Figura 107.	Adquisición y traslado del Aditivo superplastificante SH-6.....	107
Figura 108.	Adquisición y traslado del Aditivo Acelerante Sigunit L60 AF plus.	108
Figura 109.	Llenado y traslado de tanques de 1m ³ de agua.....	108
Figura 110.	Equipos utilizados para el lanzamiento de concreto.	109
Figura 111.	Mezcladora de concreto de 11 pie ³	110
Figura 112.	Compresora de aire CompAir.	110
Figura 113.	Bomba de proyección de concreto TK-40 Putzmeister.....	111
Figura 114.	Boquilla para manguera de 2".	111
Figura 115.	Llenado de bateas para elaboración de paneles.....	112
Figura 116.	Llenado de bateas para elaboración de paneles.....	112
Figura 117.	Penetrómetro de bolsillo para Concreto— H-4134.....	113
Figura 118.	ensayo con penetrómetro pocket en panel cuadrado de shotcrete.....	114
Figura 119.	ensayo con penetrómetro pocket en panel cuadrado de shotcrete cada 30 minutos, cemento tipo IP	114
Figura 120.	ensayo con penetrómetro pocket en panel cuadrado de shotcrete cada 30 minutos, cemento tipo HE.....	114
Figura 121.	Máquina digital de compresión universal PC42 y Taladro con diamante DD 200 G0DD 200 120V BL.....	115
Figura 122.	Dimensiones de un núcleo de cilindro de concreto.....	116
Figura 123.	Esquema de aplicación de la carga en el ensayo de compresión	116
Figura 124.	Extracción de núcleos de concreto lanzado con diamantina	117
Figura 125.	Codificación de Paneles cuadrados	117
Figura 126.	Codificado de probetas cilíndricas	118
Figura 127.	testigos cilíndricos y colocación en la máquina de compresión digital.	118
Figura 128.	Aplicación de la carga de compresión.....	118
Figura 129.	Testigos cilíndricos ensayados IP y HE.	119
Figura 130.	Detalle de rotura de briquetas.....	119
Figura 131.	Tipos de fractura.....	120
Figura 132.	Curva granulométrica N°01 para agregado.....	125
Figura 133.	Tamizado de material por malla de 3/8"	126
Figura 134.	Preparación de muestra tamizada por malla de 3/8"	126
Figura 135.	Curva granulométrica del agregado N°02.....	127
Figura 136.	Esquema de ensayos realizados.....	131

Figura 137.	Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P01-IP.....	135
Figura 138.	Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P02-IP.....	137
Figura 139.	Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P03-IP.....	139
Figura 140.	Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P04-IP.....	141
Figura 141.	Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P05-IP.....	143
Figura 142.	Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P06-IP.....	145
Figura 143.	Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P07-HE.....	147
Figura 144.	Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P08-HE.....	149
Figura 145.	Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P09-HE.....	151
Figura 146.	Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P10-HE.....	153
Figura 147.	Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P11-HE.....	155
Figura 148.	Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P12-HE.....	157
Figura 149.	Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos 01 día - cemento IP.	158
Figura 150.	Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos 03 días - cemento IP....	159
Figura 151.	Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos 07 días - cemento IP....	160
Figura 152.	Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos 01 día - cemento HE ...	161
Figura 153.	Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos 03 días - cemento HE..	162
Figura 154.	Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos 07 días - cemento HE..	163
Figura 155. de las 24 hrs.	Curva de resistencias a la compresión inicial promedio cemento Yura IP antes 167	
Figura 156. de las 24 hrs.	Curva de resistencias a la compresión inicial promedio cemento Yura HE antes 167	
Figura 157.	Gráfico comparativo - Edad :01 día - Yura IP y HE.....	169
Figura 158.	Gráfico comparativo - Edad :03 días - Yura IP y HE	170
Figura 159.	Gráfico comparativo - Edad :07 días - Yura IP y HE	172
Figura 160.	Gráfico comparativo resistencias - Edad :01, 03 y 07 días - Yura IP y HE.	172

INTRODUCCIÓN

El capítulo 1, ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN describe el tema de la tesis, análisis del desempeño de los cementos portland tipo IP y HE, para el desarrollo de resistencias iniciales en el diseño de concreto lanzado o shotcrete $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ en la región del cusco; así mismo se hace la clasificación del tipo de investigación y se presentan las premisas ordenadas del estudio, se presenta el problema de investigación, los objetivos e hipótesis así como los resultados deseados de la tesis, finalmente se describen las limitaciones y supuestos del estudio.

El capítulo 2, MARCO CONCEPTUAL inicia con los antecedentes y el concepto básico en la tesis: concreto lanzado o Shotcrete, continuamos con la descripción de los tipos, propiedades, consideraciones para el diseño y aplicaciones del concreto proyectado; luego se describe los materiales componentes del concreto lanzado, después se describen los ensayos a los materiales componentes del shotcrete en laboratorio, así como los ensayos para el shotcrete en estado fresco, para su utilización como guía en actividades de diseño y aplicación para el shotcrete, ya que realizamos de acuerdo a las normas técnicas peruanas e internacionales.

El capítulo 3, PROCEDIMIENTO Y RECOLECCIÓN DE DATOS es donde se describieron los procedimientos que se desarrollan para los diferentes ensayos a los materiales constituyentes y del shotcrete en estado fresco, resistencia inicial y final con sus respectivas referencias normativa y un esquema de desarrollo para cada uno, Finalmente se incorporan los resultados obtenidos para cada uno de los ensayos realizados en las diferentes etapas de la investigación.

El capítulo 4, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN se analizó y comparó los datos obtenidos de los ensayos con penetrómetro pocket y con la rotura de núcleos de concreto lanzado extraído con diamantina de los paneles proyectados para interpretar los datos de resistencia a la compresión en edades tempranas e iniciales de manera ordenada y comprensibles.

El capítulo 5, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES se presentan las Conclusiones y Recomendaciones de la tesis extraídos del análisis previo cuya aplicación serán de manera practica en el desarrollo de shotcrete en la región así también se desprenden de esta tesis futuras investigaciones en la misma línea temática propuesta.

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1 Área de Investigación.

El área de la presente investigación es en la línea de Construcción y Edificación.

1.2 Planteamiento del Problema.

1.2.1 Situación problemática.

El uso del concreto lanzado o shotcrete está siendo muy difundido a lo largo del territorio peruano, su aplicación tomó fuerza hacia el sur del Perú hasta la Región del Cusco, debido a sus diversas aplicaciones en la industria de la construcción y minería, debido a sus cualidades, versatilidad, rapidez y comodidad de su uso.

El shotcrete ha sido la forma más eficiente de colocación de concreto, para asentamiento de taludes, revestimiento y soporte de túneles, estructuras de secciones curvas, mantenimiento de vías, etc.

El shotcrete tuvo como su mayor virtud la resistencia temprana en un estado fresco y la consistencia adecuada hace de este tipo de concreto un material de uso muy generalizado cada vez más, por esto mismo que tuvo que estar sometido a estudios constantes en su comportamiento y mejoras en sus cualidades desde la concepción de los diseños de shotcrete hasta su aplicación.

Por lo expuesto anteriormente y por el crecimiento del uso de esta técnica en la Región del Cusco, surge la necesidad de desarrollar e investigar el diseño, el uso y la aplicación del shotcrete para el perfeccionamiento de esta técnica.

La investigación se realizó al diseño de mezcla de shotcrete en función a uno de los elementos más determinantes, el material cementante, sus características físicas y químicas, esto porque su incidencia influye de manera directa en los dos principales características que debe tener el concreto va a ser lanzado neumáticamente (shotcrete), el primero la rapidez de la hidratación de la mezcla de concreto, segundo las resistencias iniciales a la compresión en el estado fresco del shotcrete .

Fue necesario para la investigación tener amplio conocimiento de los tipos de cementos con más demanda en el mercado de la Región del Cusco para producción artesanal e industrial de concreto, así mismo profundizar en el conocimiento de sus características físicas en el desarrollo de la resistencia temprana del Shotcrete.

1.3 Formulación del problema objetivo de la investigación.

1.3.1 Problema General.

PG: ¿Cuál es el desempeño de las resistencias iniciales del shotcrete $f'c=280$ kg/cm² dosificado con el cemento Yura IP en comparación con el shotcrete $f'c=280$ kg/cm² dosificado con el Yura HE en la región del Cusco?

1.3.2 Problemas Específicos.

PE1: ¿Cuál es el desempeño de la resistencia inicial antes de las 24 horas en el shotcrete $f_c=280$ kg/cm² dosificado con el cemento Yura IP en comparación con el shotcrete $f_c=280$ kg/cm² dosificado con cemento yura HE en la Región del cusco?

PE2: ¿Cuál es el desempeño de la resistencia inicial después de las 24 horas en el shotcrete $f_c=280$ kg/cm² dosificado con el cemento Yura IP en comparación con el shotcrete $f_c=280$ kg/cm² dosificado con cemento yura HE en la región del cusco?

1.4 Justificación e importancia del problema.

La presente investigación, busca proporcionar los criterios de diseño, manipulación y aplicación de concreto lanzado basados en ensayos de laboratorio y pruebas en campo, con el fin de dar a conocer el comportamiento de los cementos Tipo HE y Tipo IP para el desarrollo de resistencias iniciales en el shotcrete.

La difusión del uso del concreto proyectado en la región y país hace que sea de relevancia el análisis necesario para conocer el comportamiento de estos tipos de cementos en un diseño de concreto lanzado para medir su desempeño, observar su eficiencia y así mejorar sus cualidades y desempeño en las diferentes funciones para qué es requerido en la construcción.

La información que se obtuvo servirá para dar soluciones a diferentes solicitudes en la ingeniería, el uso de este material se asemeja al utilizado para estructuras de concreto convencional y toma en consideración aspectos de estabilidad, resistencia, desempeño en condiciones de servicio, durabilidad, resistencia al fuego, impermeabilidad y otros requisitos de diseño; Por lo tanto, tener una guía sobre el diseño de shotcrete utilizando los cementos portland IP y HE, son necesarios para ampliar el conocimiento de esta tecnología en nuestra región.

1.5 Objetivos de la investigación.

1.5.1 Objetivo General.

OG: Comparar las resistencias iniciales del shotcrete $f_c=280$ kg/cm² dosificado con cemento Yura IP y el shotcrete $f_c=280$ kg/cm² dosificado con cemento Yura HE en la región del Cusco.

1.5.2 Objetivos Específicos.

OE1: Determinar las resistencias iniciales antes de las 24hr del shotcrete $f_c=280$ kg/cm² dosificado con cemento Yura IP y el shotcrete $f_c=280$ kg/cm² dosificado con cemento Yura HE en la región del Cusco.

OE2: Cuantificar las resistencias iniciales después de las 24hr del shotcrete $f_c=280$ kg/cm² dosificado con cemento Yura IP y el shotcrete $f_c=280$ kg/cm² dosificado con cemento Yura HE en la región del Cusco.

1.6 Hipótesis y Variables.

1.6.1 Hipótesis general.

HG: El desempeño de las resistencias iniciales y tempranas de shotcrete $f_c=280$ kg/cm² dosificado con cemento Yura HE es mayor que el del shotcrete $F'C=280$ kg/cm² dosificado con cemento Yura IP en la región del Cusco.

1.6.2 Hipótesis específicas.

HE1: Las resistencias iniciales antes de las 24 hrs de shotcrete $f_c=280$ kg/cm² dosificado con cemento Yura HE es del 10 % por encima del shotcrete $F'C=280$ kg/cm² dosificado con cemento Yura IP en la región del Cusco.

HE2: Las resistencias tempranas después de las 24 hrs de shotcrete $f_c=280$ kg/cm² dosificado con cemento Yura HE es del 15 % por encima del shotcrete $F'C=280$ kg/cm² dosificado con cemento Yura IP en la región del cusco.

1.7 Identificación de variables.

La presente investigación, es de carácter descriptivo, por lo que se puede identificar de manera marcada, las variables dependientes y las variables independientes.

Para alcanzar los diseños planteados, es necesario seleccionar el material cementante y realizar un diseño de mezclas, estos parámetros serán las variables independientes y la resistencia a la compresión, que son los resultados a obtener, se les define como las variables dependientes.

1.7.1 Variable Independientes

X: Diseño de mezclas de concreto lanzado o **shotcrete**, para el Cemento **IP** y **HE**

1.7.2 Variables Dependientes

Y: Análisis de las resistencias a la compresión iniciales y tempranas.

1.7.3 Unidad de análisis.

Planta de Producción de concreto Pre Mezclado CONARENA.

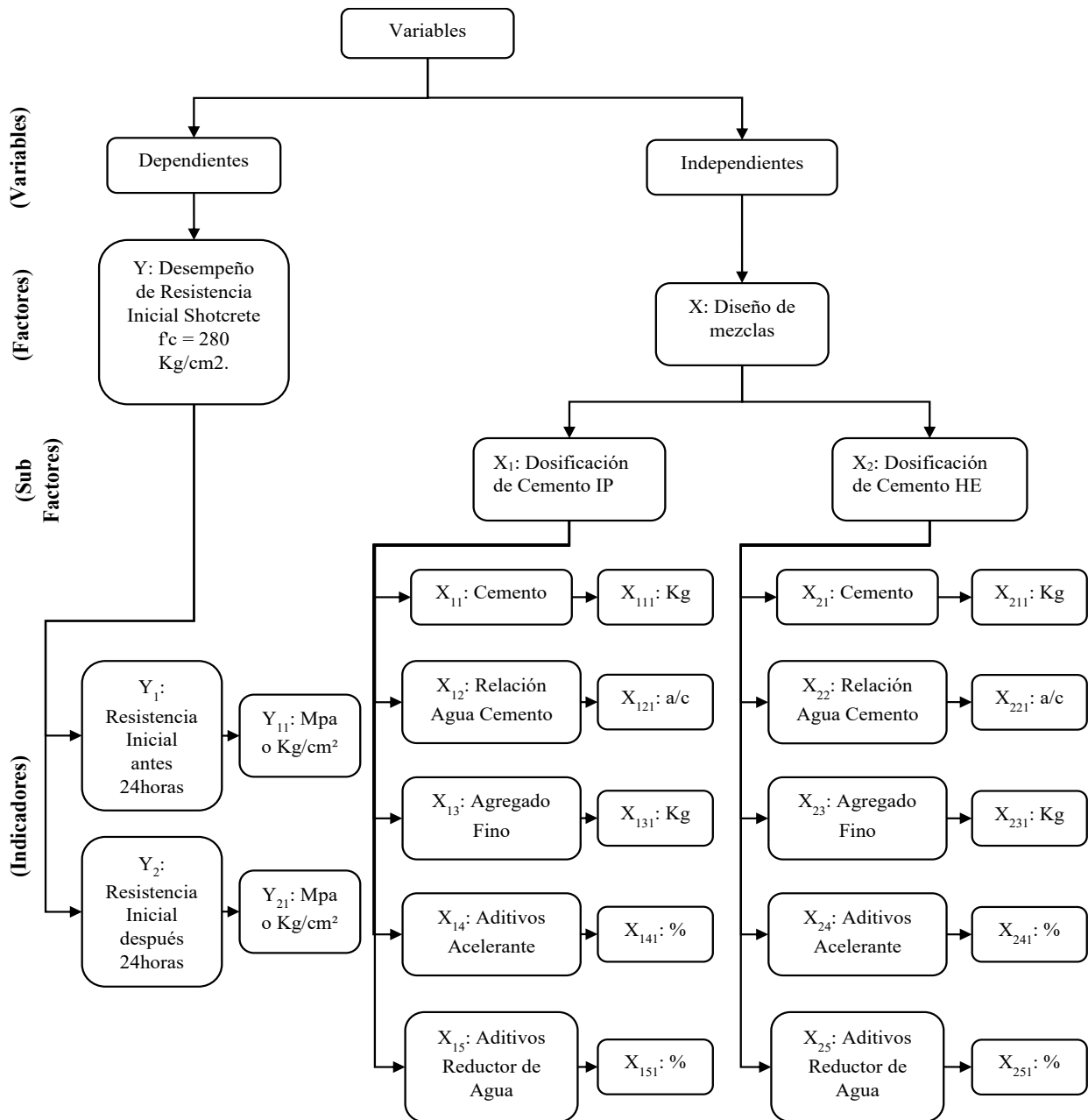
1.7.4 Ámbito geográfico.

Región del Cusco

1.7.5 Periodo

2022

1.8 Operacionalización de variable.



1.9 Tipo de la investigación.

Cuantitativo, porque se logró conocer valores numéricos como la resistencia a la compresión temprana en los paneles proyectados, la resistencia inicial de los testigos y la temperatura.

1.10 Diseño de la investigación.

Experimental y longitudinal, porque se analizó las variables que intervienen en el diseño como el cemento, aditivo, agua y los agregados pétreos en el concreto lanzado y longitudinal porque la investigación se realizó día a día, en tiempo determinado mediante la roturas y proyección del concreto lanzado.

1.11 Método de la investigación.

Estadístico, porque obtuvo varias muestras sometidas a ensayos y análisis estadísticos y se cuantificó sus porcentajes.

1.12 Nivel de la investigación.

Descriptiva, porque tuvo como finalidad analizar y medir el fenómeno de la resistencia inicial en un diseño de mezcla de shotcrete

1.13 Población de estudio.

- Cemento portland puzolánico YURA IP, producida en la región de Arequipa.
- Cemento YURA HE, producida en la región de Arequipa.
- Agregados pétreos de la región Cusco (Huambutio)
- Aditivo superplastificante SH6, industrias Ulmen, elaborada en región Lima
- Aditivo acelerante SIGUNIT L-60AF, SIKA, producido en región Lima

1.14 Elección de muestra.

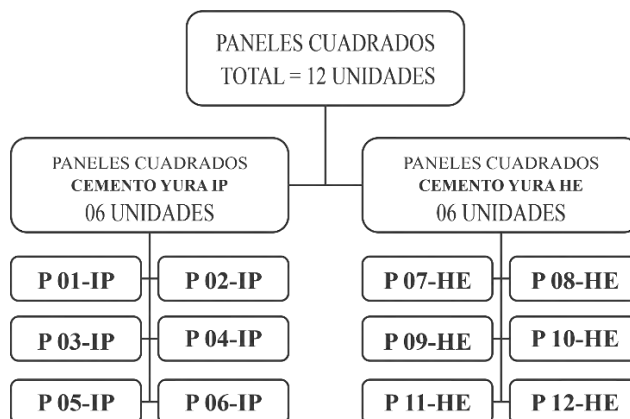
Muestreo simplificado al azar, para los agregados pétreos se zonificará el muestreo en la región del Cusco y para los aglomerantes el muestreo será en las empresas de mayor producción de la zona, los cementos tipo IP y HE adquirido de la empresa Yura S.A. transportado hasta ciudad del Cusco.

Los aditivos fueron seleccionados debido a ser más comerciales y de mejor aceptación en el mercado de la región Cusco.

1.15 Tamaño de muestra.

Está constituido por el número TOTAL de 12 paneles cuadrados, de estos 06 unidades proyectados con cemento yura IP y 06 unidades proyectados con cemento yura HE como se muestra en el diagrama en la figura 1.

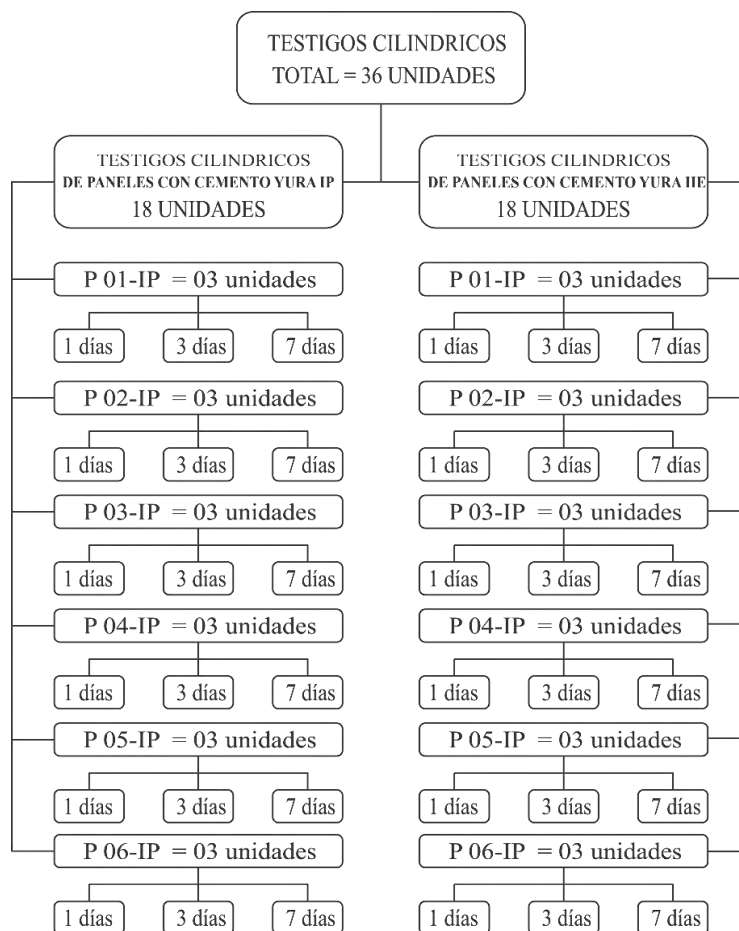
Figura 1. Diagrama cantidad paneles cuadrados proyectados.



Fuente: Elaboración propia.

De los 12 paneles se realizó la extracción de 36 testigos cilíndricos en total con diamantina constituidos por 18 testigos extraídos de los paneles proyectados con cemento IP y 18 extraídos de los paneles con cemento HE, como muestra el diagrama de la figura 2,

Figura 2. Diagrama cantidad testigos cilíndricos extraídos.



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los agregados fue una muestra de 4000 kg de agregado fino de la cantera de Abril Centro Poblado de Huambutio Distrito de Lucre de la provincia de Quispicanchis de la región Cusco. Canteras que se caracteriza por tener agregados de calidad y cercanas al laboratorio donde se estudiará.

El tamaño de muestra en 4000 kg se realizó considerando todos los ensayos de laboratorio a la que la mezclas serán sometidas, y se tratará de que no exista defecto de muestra, por ello se considera 4000 kg de arena y 10 bolsas de cemento Yura, aditivo Superplastificante SH-6 y acelerante de fragua Sigunit L-60 AF plus.

1.16 Viabilidad en la investigación.

- **Viabilidad técnica:** Para los ensayos de laboratorio se pudo contar con los equipos adecuados en el laboratorio de la empresa productora de concreto premezclado Conarena, además de tener todas las normas técnicas peruanas y bibliografía necesaria.
- **Viabilidad económica:** La presente investigación fue financiada íntegramente por los autores de la tesis, reconociendo el apoyo en la utilización de los equipos de producción y colocación de shotcrete por parte de la empresa Conarena.
- **Viabilidad social:** No existen impactos negativos sociales ni ambientales para la realización de los ensayos que implica dicha investigación.
- **Viabilidad Operativa:** Los ensayos se realizaron con procesos estandarizados por la norma que fueron ejecutados con normalidad.

1.17 Alcances de la investigación.

- El método de elaboración de shotcrete elegido para la investigación es el de vía húmeda, porque este método es el más utilizado y desarrollado debido a que cumple con los estándares de calidad, que existe en la actualidad dejando al método de vía seca rezagado.
- Se plantea un diseño de mezclas para shotcrete patrón de resistencia $f'c=280$ kg/cm² por ser la más comercial en la región del Cusco y la variación de diseño debido al cementante.
- Se ha empleado dos tipos de cementos, IP y HE los dos de la marca YURA debido a que son los dos más comerciales para la producción de concreto artesanal e industrial.

1.18 Limitaciones de la investigación.

La investigación se limita a comparar la resistencia inicial y temprana del shotcrete con cemento yura HE y con yura IP en un diseño de mezcla de $F'C=280$ kg/cm², la producción de shotcrete y los ensayos se realizaron en la planta de concreto premezclado Conarena S.A.

La investigación fue sustentada en las siguientes normativas que delimitaron teóricamente, ACI 506-R, Normas técnicas peruanas y Normas americanas ASTM.

CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 Estudio experimental del comportamiento por desempeño de concreto lanzado reforzado con fibras metálicas (2011).

La investigación: denominada “Estudio experimental del comportamiento por desempeño de concreto lanzado reforzado con fibras metálicas” realizado por Aleksey Beresovsky de las Casas de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Tesis para obtener título profesional de Ingeniería Civil”.

El objetivo principal fue. la evaluación a través de las normas ASTM C 1399 (vigas prismáticas) y ASTM C 1550 (paneles circulares). En este último caso, el ensayo para el estudio requirió la construcción de un dispositivo para el ensayo de los paneles circulares, circunscrito a las exigencias de la mencionada norma. La construcción de este dispositivo se basó en los parámetros de la norma y en las experiencias de otros laboratorios (Pontificia Universidad Católica del Perú, Universidad Nacional de Ingeniería).

La metodología consistió en proyectar paneles circulares y vigas prismáticas con 8 diferentes tipos de fibras para hacer análisis de absorción de energía y módulo de rotura, para establecer una escala cuantitativa para comparar los diferentes tipos de fibra utilizadas en la investigación

Las conclusiones relevantes fueron que, no existe un comportamiento lineal aplicable a todos los tipos de fibras metálicas analizadas, sino por el contrario que cada tipo define un comportamiento característico en función de la dosis de fibra, que en algunos casos tuvieron tendencias lineales en tanto que en otras dichas tendencias serán incluso parabólicas.

2.1.2 Influencia de las Fibras en el Shotcrete en su capacidad de absorción de energía y resistencia a la flexión (2017).

La investigación: denominada “Influencia de las Fibras en el Shotcrete en su capacidad de absorción de energía y resistencia a la flexión”, realizado por Miguel Ángel Aragón Quispe y Paul Cornejo Mamani de la Universidad Nacional de San Agustín. Tesis para obtener título profesional de Ingeniería Civil.

El objetivo principal fue llenar el vacío experimental y servir de base para una formulación de normas y guías nacionales del shotcrete reforzado con fibras.

La metodología consistió en realizar un diseño patrón de shotcrete por vía húmeda sin fibra, luego diseños en los que solamente se varió la dosis de fibra, realizaron diseños con 10 Kg, 20 Kg ,30 Kg, 40 Kg de fibra metálica por metro cúbico de concreto y 2 Kg, 4 Kg, 6 Kg y 8 Kg de fibra sintética por metro cúbico de concreto. determinaron la influencia de las fibras en el shotcrete en la trabajabilidad (ASTM C143), en la resistencia a compresión obtenida mediante 30 ensayos de núcleos

cilíndricos de concreto extraídos con diamantina de paneles de shotcrete (ASTM C42), en la resistencia a flexión medida indirectamente a través de 30 vigas aserradas de paneles de shotcrete (EN 14488-3) y en la absorción de energía de 30 paneles cuadrados según la norma Europea (EN 14488-5) y 30 paneles circulares según la norma Americana (ASTM C1550).

Las conclusiones relevantes fueron que las fibras metálicas en el shotcrete tienen un mejor comportamiento estructural en el deterioro de la resistencia que las fibras sintéticas, a pesar de que obtuvieron mismos valores de energía absorbida y resistencia a la flexión utilizando fibra sintética a un menor costo.

2.1.3 Proceso constructivo del concreto proyectado para estabilidad de taludes en la obra del túnel debajo del río Rímac, Lima (2015)

La investigación: denominada “Proceso constructivo del concreto proyectado para estabilidad de taludes en la obra del túnel debajo del río Rímac, Lima”, realizado por Alexis Misael Bocanegra Rodríguez (2015) de la Universidad Nacional de Ingeniería. Tesis para obtener el título de Ingeniería Civil.

El objetivo principal fue, conseguir una metodología estándar de seguimiento y control del concreto proyectado aplicada a todos los taludes a estabilizar, donde describieron los procesos constructivos y el control de calidad del proyecto.

La metodología consistió en verificar el concreto en estado endurecido, recopilamos información de los ensayos realizados de resistencia a la compresión a las diamantinas extraídas, de los paneles o bandejas colocadas, en obra, los resultados fueron analizados siguiendo la metodología de la norma Peruana E-060 de concreto armado.

La conclusión relevante fue que, el desarrollo del procedimiento constructivo del concreto lanzado resultó adecuado, cuando cumplió las normas ACI-506 R y ASTM.

2.2 Desarrollo evolutivo de uso de concreto lanzado.

La aplicación de concreto proyectado por una máquina es realizada por primera vez por el taxidermista estadounidense Carl Akeley , a la que denomino “pistola de concreto”, registrando la patente en 1909 la cual es comprada en 1912 por la compañía “Cementos Gun” la cual se da usos en la construcción como describe Pietro Teichert en la revista “shotcrete Magazine 2002” con el artículo titulado ...” Carl Akeley -A Tribute To The Founder of shotcrete” ...

A comienzos de los 1930 nace el término SHOTCRETE que difundió la Asociación Americana de Ingenieros de Ferrocarriles, antes de esa década a la acción de proyectar concreto se le llamaba “gunitar”, es en 1966 que el ACI (Instituto Americano del Concreto) adoptó este término para todas las operaciones de aplicación de concreto proyectado neumáticamente.

La aplicación de shotcrete da un gran avance cuando empieza a mejorar la técnica de aplicación, la primera modalidad usada fue la VÍA SECA desde 1910 , posteriormente en el año 1970 se cambia a la aplicación por VÍA HÚMEDA

porque ofrece más ventajas en comparación a la primera por recibir una mezcla húmeda (concreto pre mezclado), que ya garantiza precisión en los dosajes de los componentes , es controlado el volumen de aire y se puede cuidar más la relación agua / cemento (A/C) en conclusión una modalidad que ya puede cumplir los parámetros de calidad que se requieren, todas estas ventajas hacen que esta última modalidad de aplicación sea la más usada hasta el día de hoy.

En el Perú la utilización de la técnica de la aplicación de shotcrete vía húmeda se da por primera vez en las minas de Cobriza en Huancavelica y Cerro de Pasco en 1970, para asentamiento de taludes en excavaciones de la mina.

2.3 Concreto proyectado – Shotcrete

La definición de concreto proyectado según el código ACI 506R-05¹ “Guía de Shotcrete” del 2005 en el acápite 1.4 lo define como “concreto o mortero neumáticamente proyectado a alta velocidad sobre una superficie”, está constituida por una mezcla de cemento, agua, agregado, aditivos, también puede estar reforzado con fibras metálicas, sintéticas o algún material cementicio.

El ACI en Estados Unidos ha desarrollado especificaciones y guías para el manejo de diseño, preparación, aplicación y control de calidad del concreto proyectado o lanzado, sus cualidades y propiedades están determinadas por el uso y consideraciones de diseños que se requiera en una obra civil.

2.3.1 Tipos de concreto proyectado.

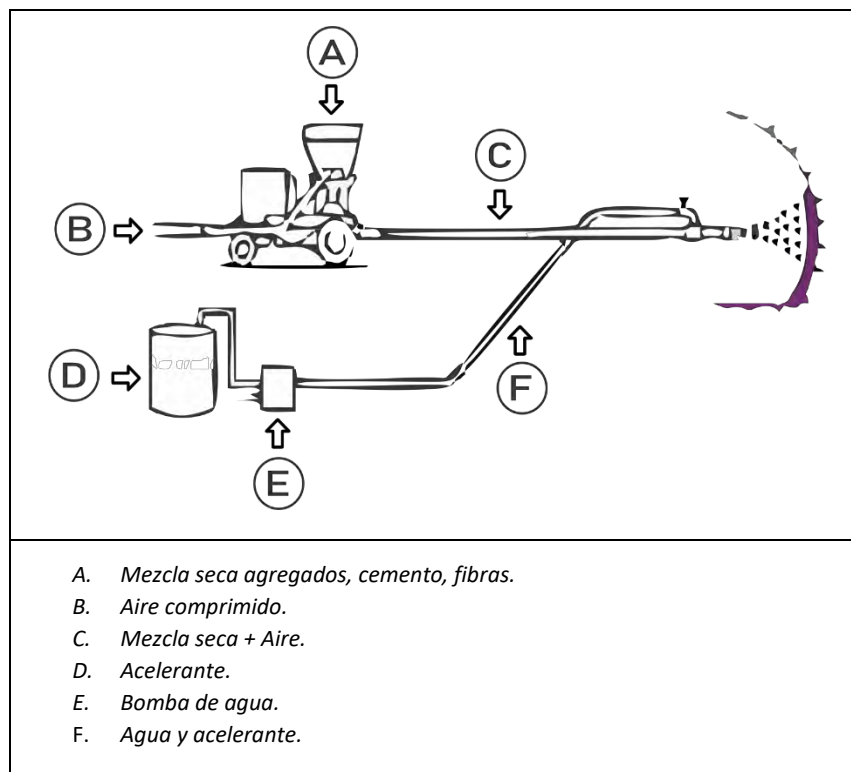
2.3.1.1 Vía seca (dry – mix shotcrete)

El ACI 506R-05 define esta modalidad como el concreto proyectado en que los componentes se transportan en estado “seco” y es transportada por aire comprimido donde el agua de hidratación es introducida en la boquilla junto al acelerante como se representa en el diagrama de la figura 1.

Esta modalidad de aplicación se trabaja por lotes, el cemento y los agregados se mezclan antes de hidratar el cemento después son transportados hasta la boquilla donde reciben el agua para la hidratación, en la figura 3 se tiene el diagrama de aplicación Vía Seca.

¹ ACI 506R-05 (Instituto Americano del Concreto) “Guía de Shotcrete”

Figura 3. Diagrama aplicación shotcrete VÍA SECA.



Fuente: Ing. Jorge Diaz. Conferencia Shotcrete sostenimiento en la minería, lima 2014.

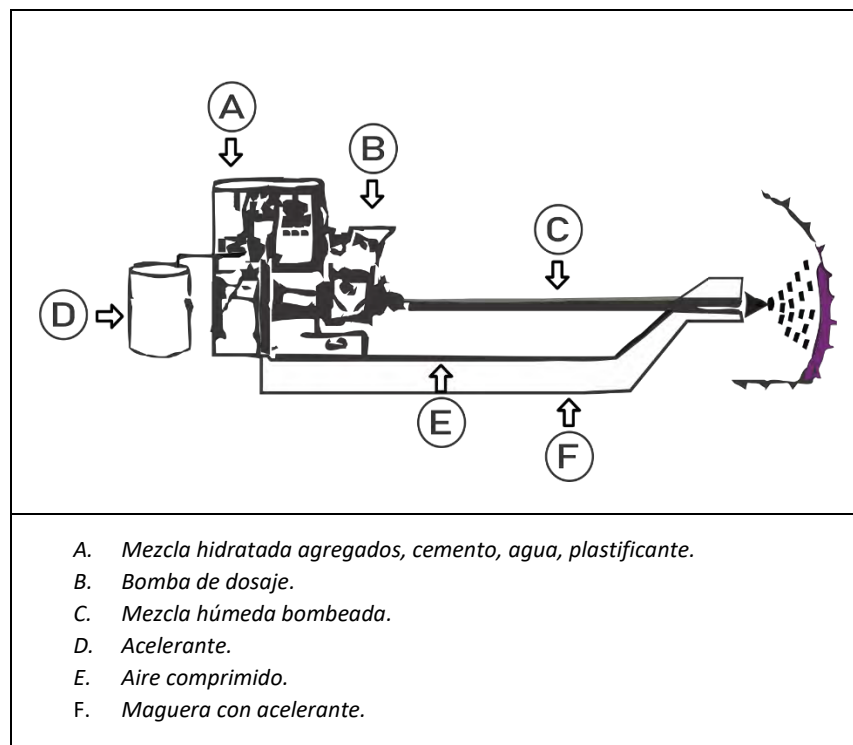
2.3.1.2 Vía húmeda (wet – mix shotcrete)

El ACI 506 R-05 define esta modalidad como el concreto proyectado en que los componentes se transportan en estado húmedo por la línea de la mezcla hasta la boquilla en la cual se introduce el aire comprimido y el acelerante como se representa en la Figura 4.

En esta modalidad el cemento, el agregado, agua y aditivos se mezclan previamente a través de una planta y en equipo móvil como un camión mixer, para ser transportados y llevados hasta un equipo de bombeo que a través de sus tuberías llega hasta la boquilla para introducir ahí el aditivo acelerante y comenzar con la proyección de shotcrete.

Esta técnica es la más óptima de manejo de shotcrete, debido a que el concreto antes de la proyección ya está pre mezclado con las condiciones óptimas y requeridas características como Relación Agua – Cemento, trabajabilidad y durabilidad, en la figura 4, se tiene el diagrama de aplicación Vía Húmeda.

Figura 4. Diagrama aplicación shotcrete VÍA HÚMEDA.



Fuente: Ing. Jorge Diaz. Conferencia Shotcrete sostenimiento en la minería, lima 2014.

2.3.2 Propiedades del concreto proyectado.

El concreto proyectado (shotcrete), objeto de esta investigación posee propiedades que lo hacen muy eficiente para varios procesos de construcción en comparación con otros sistemas de aplicación convencionales de concreto.

La Guía de concreto Proyectado de Chile (segunda edición de octubre 2015) desde la pág. 29 a pág. 33 describe en una lista las principales propiedades que debe tener una mezcla de concreto lanzado que desarrollamos a continuación.

Resistencias a la compresión Temprana: El shotcrete está solicitado principalmente para soporte de suelos y rocas, por lo que su principal virtud debe ser alcanzar resistencias a edades tempranas y por supuesto en las primeras horas después de la aplicación siendo estas resistencias indicadores de la calidad del shotcrete, debemos de distinguir entre resistencia a la compresión del concreto moldeado en testigos y resistencia a la compresión del concreto proyectado, esta característica depende directamente de la relación agua/cemento, según la Guía Chilena de Hormigón Proyectado (2015) esta resistencia está alrededor de 0.3 y 0.5 para obras civiles y subterráneas.

Docilidad: Esta propiedad está asociada con la trabajabilidad, para el shotcrete la trabajabilidad tiene que ser óptima, regular, uniforme y garantizada en todo momento de la aplicación porque define su capacidad de bombeo o capacidad de proyección neumática a diferentes alturas como se aprecia en la figura 5.

Figura 5. Bombeo de Shotcrete a gran altura.



Fuente: Concreto lanzado para túneles y taludes, Raquel Ochoa 2014.

Adherencia: Eficiente en cualquier tipo de sustrato, concreto, roca, acero, albañilería como se puede apreciar en la figura 6, además la fuerza de adherencia tampoco está limitada por el grado de inclinación de la superficie ya que existen aplicaciones en paredes totalmente verticales o incluso sobre la cabeza.

Figura 6. Proyección sobre superficie de concreto y acero.



Fuente: Concreto Lanzado, Constructora BAUS México.

Resistencia a la Flexión: En la mayoría de aplicaciones para el shotcrete se necesita solicitar al concreto resistencias a la flexión, la incorporación de fibra también garantizaría esta resistencia según la Guía Chilena de Hormigón Proyectado (2014:30) esta resistencia varía alrededor de 7 a 15 % de la resistencia a la compresión.

Durabilidad: La capacidad de concreto proyectado para resistir en su tiempo de servicio influencias agresivas en su entorno como el clima, la humedad, la abrasión también su capacidad de impermeabilidad está garantizada como en un concreto convencional por las características de diseño como una relación agua/cemento baja, las dosis de aditivos deben ser controladas ya que su uso indiscriminado en el diseño podrá ser perjudicial para la durabilidad del shotcrete.

Fluencia lenta: Se puede esperar que la deformación en el tiempo del material que constituye el shotcrete bajo carga sea lenta, la deformación por fluencia lenta se expresa como una proporción respecto a la deformación unitaria a corto plazo producto de la deformación elástica, esto a causa de la relación agua/cemento muy baja que propone los diseños de shotcrete.

Módulo de Elasticidad: La Rigidez mecánica del shotcrete está directamente relacionada con el uso del aditivo acelerante dentro del diseño, el concreto proyectado con acelerante es menos rígido que el concreto proyectado sin aditivo acelerante, generalmente se sitúa entre 25-30 GPa a la edad de 1 año.

Versatilidad: Por su aplicación rápida y sencilla al ser proyectada neumáticamente en cualquier lugar y circunstancia, incluso zonas de limitado acceso como minas y socavón se aprecia un ejemplo en la figura 7 por supuesto con la elección del adecuado tipo de maquinaria también trabaja sin ninguna limitación sobre una amplia gama de soportes de suelo o revestimiento.

Figura 7. Proyección en socavón, difícil acceso.



Fuente: Industria minera y soluciones INMSO, México.

Rápida puesta en servicio: los tiempos son minimizados primero debido a que la colocación y la compactación se realizan en una sola etapa y segundo por las tempranas resistencias y rigidización casi inmediata brindando un soporte pasivo temprano permite acortar ciclos de trabajo.

Tenacidad: Es una propiedad es relevante en el concreto proyectado cuando se espera que la estructura este sometida a deformaciones, entonces el uso de fibra de refuerzo es indispensable.

Densidad: En el shotcrete es un indicador de la calidad de la mezcla según la Guía Chilena de Hormigón Proyectado (2014:31) señala que deben estar entre los 2.200 y 2.400 kg/cm³ pero que esta requiere datos históricos para un diseño de mezcla específico.

Retracción por secado: Medida de la reducción en la longitud a lo largo de una dimensión lineal, esta propiedad en el shotcrete dependerá mucho del contenido de agua, los agregados y sus respectivas proporciones en el diseño de mezcla ya

que si no se tiene cuidado entonces la retracción por pérdida de humedad en una dimensión lineal donde se aplica el shotcrete será más elevada que en un concreto convencional y se necesitará juntas de control más cercanas como se muestra en la figura 8.

Figura 8. Juntas de construcción en estabilización en minería.



Fuente: Túneles y obras subterráneas, SIKA.

Coefficiente de Expansión térmica: Esta cualidad por la cual la mezcla se expande o se contrae debido a la variación de la temperatura, está directamente relacionada con el coeficiente de expansión de los agregados y su contenido de sílice.

Seguridad: La gran variedad y la evolución de maquinarias o dispositivos de aplicación de shotcrete, no solo permite la facilidad en la colocación sino sobre todo brinda una aplicación segura de shotcrete como se observa en la figura 9, manteniendo a los operadores a mucha distancia de los puntos de aplicación.

Figura 9. Equipos de aplicación robotizado de shotcrete seguros.



Fuente: tecnología minera, UNICON.

2.4 Aplicaciones de shotcrete.

A continuación, se señala varios usos que ha tenido el shotcrete hasta la presente época, la categorización que hace la Guía de Shotcrete ACI 506 R-05² separando estos en tres grandes grupos.

Shotcrete convencionales usados para estructuras nuevas entre techos, paredes, alcantarillas, recubrimientos delgados, ductos, pozos, en la reparación de concretos deteriorados en puentes, alcantarillas, presas, revestimiento de mampostería, en el fortalecimiento y refuerzo en estructuras como losas, columnas y paredes de concreto.

Shotcrete refractario para el revestimiento de estructuras sometidas a altas temperaturas como el revestimiento de hornos, plantas de procesamiento de materiales químicos, minerales, cerámicos, también los incineradores son recomendados por la velocidad y eficiencia en el proceso.

Shotcrete especial que incluyen aditivos para evitar la corrosión y ser químicamente resistente a sustancias como el sodio, fosfatos, potasio, además de aditivos acelerantes, retardantes y aditivos puzolánicos.

A medida que el tiempo está transcurriendo los campos de aplicación en la ingeniería para el shotcrete están creciendo aquí varios, en edificación la versatilidad de la técnica y el desarrollo de las pistolas de proyección que prácticamente anulan el rebote, minimizan cada vez más las labores de acabado, como se observa en la figura 10.

Figura 10. Aplicación de Concreto lanzado asentamiento de taludes.



Fuente: PSI concretos, 2016

Se puede aplicar shotcrete casi sobre cualquier superficie como muros estructurales, soporte en excavaciones subterráneas o cuando se requieren excavaciones verticales reemplazando calzaduras y muros, obras civiles complejas

² ACI 506 R-05 (Instituto Americano del Concreto) “Guía de Shotcrete”

con geometrías complejas de reducción de sección o secciones curvas, en los canales o embalses se pueden aplicar directamente sobre del suelo o piedra, piscinas y hasta acabados decorativos, en la figura 3, se observa la aplicación de concreto lanzado en asentamiento de taludes.

El soporte de suelos en minería con la incorporación de fibras en el shotcrete a permitido mejoras en la resistencia a la flexión, al corte, resistencias al impacto al choque térmico lo que lo convierte en un sistema muy utilizado en la tunelería y cavernas como se observa en la figura 11, para su sostenimiento en una o varias capas. El soporte de suelos en ya solamente se realiza con esta técnica antes usando mallas de acero y en la actualidad solamente shotcrete con fibra de refuerzo, en la figura 11, se observa la aplicación de concreto lanzado en minas.

Figura 11. Aplicación de Concreto lanzado en minas



Fuente: Guía chilena de Shotcrete, 2015.

La estabilización de taludes ha encontrado en shotcrete su mejor aliado debido a su alta resistencia al corte y su excelente adherencia que fortalecen al suelo llenando las grietas o vacíos, así evitando que el material se desprenda, como en la figura 12, donde se observa la aplicación de concreto lanzado para estabilización de taludes.

Figura 12. Aplicación de Concreto para estabilización de taludes



Fuente: Guía chilena de Shotcrete, 2015

La reparación de estructuras dañadas, como muestra la figura 13, es otro campo de aplicación en el concreto deteriorado principalmente por el fuego o la corrosión principalmente en puentes, presas, edificios y torres. El reforzamiento también de elementos estructurales como vigas, columnas o muros es campo de aplicación para esto se aumenta el tamaño del elemento para incrementar su capacidad de carga, en la figura 13, se observa la aplicación de concreto lanzado para reparación de elementos estructurales.

Figura 13. Aplicación de Concreto para reparación de elementos estructurales



Fuente: Posada Organización, Sostenimiento con Shotcrete

2.5 Materiales componentes del concreto lanzado

2.5.1 Cemento Portland.

Es un cemento hidráulico cuya definición se encuentra en la NTP 334.001³ que dice que es llamado así, porque con la adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta conglomerante capaz de endurecer, el endurecimiento o fijación se logra por la reacción entre el agua y el cemento formándose hidratos tanto bajo el agua como en el aire.

La NTP 334.009⁴ reflejo de la ASTM C150⁵ define que el cemento portland esta producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda.

Clasificación. –

Según NTP 334.009, el cemento portland tiene la siguiente clasificación

TIPO I: Para uso general que no requiera propiedades especiales

TIPO II: Para uso general, cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación

TIPO III: Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.

TIPO IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.

TIPO V: Para emplearse cuando se desea altas resistencias a los sulfatos.

Según ASTM C150, el cemento portland se clasifica de la siguiente manera

Considera los mismos 5 tipos que en la NTP 34.009 incluyendo tres tipos más.

TIPO IA: Cemento incorporador de aire con los mismos usos que el Tipo I

TIPO IIA: Cemento incorporador de aire con los mismos usos que el Tipo II

TIPO IIIA: Cemento incorporador de aire con los mismos usos que el Tipo III

Requisitos. -

El cemento portland presenta diferentes características, las normas peruanas e internacionales exigen ciertos requisitos químicos y físicos que son importantes

³ NTP 334.001 (Norma técnica peruana) CEMENTOS, definiciones y nomenclatura

⁴ NTP 334.009 (Norma técnica peruana) CEMENTOS, cemento portland requisitos

⁵ ASTM C150 (American Society of Testing Materials) “Especificación normalizado para cemento portland”

para garantizar su calidad y funcionalidad, tan importantes para el shotcrete como para concretos convencionales en el caso del concreto proyectado debemos resaltar requisitos como el grado de finura determinado por el proceso de molienda, otra muy importante es la uniformidad en la composición química de los componentes del producto final que pueden mejorar o no el desempeño del cemento en el diseño de Shotcrete a continuación se presenta la Tabla N°1 con los requisitos físicos y la Tabla N°2 con los requisitos químicos que exige la norma peruana NTP 334.009 a los cementos portland.

Tabla N° 1. Requisitos físicos para Cemento Portland según tipo

CARACTERÍSTICAS	TIPOS DE CEMENTO				
	I	II	III	IV	V
Contenido de Aire del mortero % volumen					
Máx.	12	12	12	12	12
Mín.	-	-	-	-	-
Finura, Superficie específica (m ² /kg)					
Turbidímetro Mín.	160	160	-	160	160
Permeabilidad Mín.	280	280	-	280	280
Expansión en autoclave, %, Máx.	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Resistencia (MPa)					
1 día	-	-	12	-	-
3 días	12	10	24	-	8
7 días	19	17	-	7	15
28 días	-	-	-	17	21
Tiempo de fraguado					
Ensayo Gilmore (minutos)					
Fraguado inicial: No menor que, mín.	60	60	60	60	60
Fraguado final: No mayor que, mín.	600	600	600	600	600
Ensayo Vicat (minutos)					
Fraguado inicial: No menor que, mín.	45	45	45	45	45
Fraguado final: No mayor que, mín.	375	375	375	375	375

Fuentes: Norma Técnica Peruana NTP 334.009, cemento portland requisitos

Tabla N° 2. Requisitos químicos para Cemento Portland según tipo

COMPOSICIÓN QUÍMICA	TIPOS DE CEMENTO				
	I	II	III	IV	V
Dióxido de Silicio (SiO ₂), %, mín.	-	20.0(C,D)	-	-	-
Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃), %, máx.	-	6.0	-	-	-
Oxido Férrico (Fe ₂ O ₃), %, máx.	-	6.0(C,D)	-	6.5	-
Oxido de Magnesio (MgO), %, máx.	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Trióxido de Azufre, (SO ₃), %, máx.					
Cuando (C ₃ A) ≤ 8%	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
Cuando (C ₃ A) > 8%	3.5	(B)	4.5	(B)	(B)
Perdida por Ignición %, máx.	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
Residuos Insoluble, %, máx.	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Silicato Tricálcico (C ₃ S), %, máx.	-	-	-	35(C)	-
Silicato Di cálcico (C ₂ S), %, mín.	-	-	-	40(C)	-
Aluminato Tricálcico (C ₃ A), %, máx.	-	8.0	15.0	7(C)	5(D)
Alumino-ferrito tetracálcico + más dos veces el aluminato tricálcico (C ₄ AF+2(C ₃ A))	-	-	-	-	25(D)

NOTAS

(A) Hay casos en el que el SO₃ optimo, para un cemento particular está muy cerca o excede el límite de esta NTP

(B) No aplicable

(C) No aplicable cuando se especifique el límite de calor de hidratación de la tabla 4 de la NPT

(D) Véase para el cálculo el anexo C de la NTP

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 334.009, cemento portland requisitos

La producción de cemento portland en el Perú, es muy variada en cuanto a tipos y marcas, el mercado de este insumo esta sectorizado y dividido por los principales productores, la necesidad de este insumo en la Región del Cusco es atendida mayormente por la empresa YURA con los estándares de producción y calidad solicitados ya que es la única que produce cemento en el sur del país. Existen en el mercado otras marcas q son distribuidas pero que no son producidas en el país más bien solo son importadas al puerto de Matarani -Arequipa y embolsadas para su comercialización, poniéndolas en desventaja en cuanto a control de calidad y almacenamiento con respecto a Yura.

Para fines de esta investigación se analizó dos tipos que están en el mercado y tienen la mayor demanda tanto en producción artesanal como industrial, primero el Portland Puzolánico Yura 1P y Yura tipo HE.

2.5.1.1 Cemento Portland Puzolánico YURA IP

La norma NTP 334.090 ⁶ aplica a los siguientes tipos de cementos adicionados

TIPO IS: Cemento portland con escoria de alto horno.

TIPO IP: Cemento portland puzolánico.

TIPO IL: Cemento portland caliza.

TIPO I(PM): Cemento Portland puzolánico modificado.

TIPO IT: Cemento adicionado ternario.

TIPO ICo: Cemento portland compuesto.

El cemento Portland Puzolánico Yura IP, es un cemento adicionado debido a su combinación con puzolana es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso, cumple con las normas NTP 334.009⁷ y la ASTM C150⁸, podemos ver sus características químicas en la tabla N°3 y en la tabla N°4 las físicas, además su elaboración está reglamentada por Gestión de Calidad ISO 9001 y Gestión Ambiental 14001.

Tabla N° 3. Características químicas cemento portland yura tipo I.

REQUERIMIENTO QUÍMICO	CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP	NTP 334.009 ASTM C150
Oxido de Magnesio (MgO), %	1.5 a 2.4	6.00 máx.
Trióxido de Azufre, (SO ₃), %	1.5 a 2.3	3.00 máx.
Perdida por Ignición, %	1.5 a 3.8	5.00 máx.
Residuos Insoluble, %	0.55	0.75 máx.

Fuente: Ficha Técnica Yura IP versión 2019 características técnicas

⁶ NTP 334.090 (Norma Técnica peruana) Cementos Portland Adicionados, requisitos

⁷ NTP 334.009 (Norma Técnica Peruana) “Requisitos, Cementos portland”

⁸ ASTM C150 (American Society of Testing Materials) “Especificación normalizado para cemento portland”

Tabla N° 4. Características físicas cemento portland yura tipo I

REQUERIMIENTOS FÍSICOS	CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP	NTP 334.009 ASTM C150
Finura (Blaine), cm ³ /g	3150	2600 mín.
Expansión de Autoclave, %	0.07	0.80 máx.
Tiempo de fraguado (Vicat)		
Fraguado (inicial)	170	45 mín.
Fraguado (final)	270	420 máx.
Contenido de Aire, %	2.5 a 8.0	12.0 máx.
Resistencia a la compresión kg/cm ²		
01 días	135	-
03 días	240	122.36
07 días	330	193.75
28 días	430	-

Fuente: Ficha Técnica Yura versión 2019 características técnicas.

En la figura 14, se observa la presentación del cemento portland Yura IP de 42.50 kg, también se puede observar las bolsas de cemento apiladas en el almacén de la empresa distribuidora de Yura en la ciudad del Cusco.

Figura 14. Presentación de 42.5 kg cemento Yura IP



Fuente: Elaboración propia.

2.5.1.2 Cemento Yura Tipo HE

El cemento Yura Tipo HE, es un cemento hidráulico adicionado al igual que el IP, pero posee la nomenclatura HE debido a la solicitud de la performance para este cemento en la NTP 3334.82 clasifica a los cementos portland según comportamiento ante requerimientos específicos así tenemos.

TIPO GU: Construcciones generales, no requiere propiedades especiales.

TIPO HE: De alta resistencia inicial.

TIPO MS: Moderada resistencia a los sulfatos.

TIPO HS: Alta resistencia a los sulfatos.

TIPO MH: De moderado calor de hidratación.

TIPO LH: De bajo calor de hidratación.

Clasificado como tipo de cemento HE por la norma NTP 334.082 ⁹ y la ASTM C1157 en la Tabla N°5 se presenta las características químicas del cemento Yura HE seguido de la Tabla N°6 donde se detallan las características físicas del cemento Yura HE.

Tabla N° 5. Características físicas cemento portland yura tipo HE

REQUERIMIENTOS FÍSICOS	NTP 334.082	CEMENTO PORTLAND YURA TIPO HE	NTP 334.009 ASTM C150
Finura (Blaine), cm ³ /g		4400 a 5100	2600 mín.
Expansión de Autoclave, %	0.80 máx.	-0.03 a -0.04	0.80 máx.
Tiempo de fraguado (Vicat)			
Fraguado (inicial)	45 mín.	140	45 mín.
Fraguado (final)	420 máx.	190	375 máx.
Contenido de Aire, %	12.0 máx.	3.0 a 5.0	12.0 máx.
Resistencia a la compresión kg/cm ²			
01 días	120	135	-
03 días	245	240	122.36
07 días	-	330	193.75
28 días	-	430	-

Fuente: Ficha Técnica Yura HE versión 2019 características técnicas.

⁹ NTP 334.082 (Norma Técnica Peruana) “Cementos Portland, especificaciones para la performance”

Tabla N° 6. Características Químicas Cemento Yura HE

Requisitos Químicos	Cemento Yura HE	requisitos de la norma NTP 334.009
MgO (%)	1.5 a 2.4	6.00 Máx.
SO3 (%)	1.5 a 2.3	4.00 Máx.
Pérdida por Ignición (%)	1.5 a 3.8	5.00 Máx.
Resistencia a los sulfatos		
% Expansión a los 6 meses	< 0.021%	0.05 Max
% Expansión a 1 año	<0.023%	0.10 Max

Fuente: Ficha Técnica cementos Yura.

Está diseñada y ofrecida al mercado como un cemento de obtención de altas resistencias iniciales, su elaboración está reglamentada por Gestión de Calidad ISO 9001 y Gestión Ambiental 14001, en la figura 15, se observa la presentación al mercado de la región del cemento portland HE de 42.50 kg.

Figura 15. Presentación de 42.5 kg cemento Yura HE



Fuente: Ficha Técnica cementos Yura

2.5.2 Agregados

Los agregados están definidos en la norma NTP339.047¹⁰ como el conjunto de partículas pétreas de origen natural o artificial que pueden ser tratadas o elaboradas esta definición alcanza para cualquier tipo de mezcla de concreto.

La calidad y propiedades del agregado utilizados en el diseño cobran relevancia en el comportamiento del shotcrete, es un componente que no se debe considero con ligereza ya que en proporciones los agregados constituyen del 60% al 75%

¹⁰ NTP 339.047(Norma Técnica Peruana) “Definiciones y terminología de hormigón y agregados”

del volumen del concreto y del 70% al 85% de la masa total , según la Guía Chilena de hormigón proyectado generalmente el uso de agregado muy finos dará a la mezcla en una mayor retracción plástica, mientras de la elección de áridos más gruesos aumentaran el rebote en la proyección.

Las características de los agregados componentes de la mezcla para shotcrete, deberán tener las cualidades que detalla la NTP 400.037 o las especificaciones de la ASTM C 330, en la Tabla N°7 tenemos los límites superior e inferior para cada una de los tamices y su comparación con las distintas normativas.

Tabla N° 7. Parámetros Granulométricos de Agregado

MALLA	ACI	ACI	EFNARC	NTP	NTP	
	506-G1	506 -G2		339.198 -G1	339.198 -G1	
ASTM	mm	Min-Max	Min-Max	Min-Max	Min-Max	
#100	0.15	2-10	2-10	6-16	2-10	2-10
#50	0.30	10-30	8-20	14-32	10-30	8-20
#30	0.60	25-60	30-35	25-56	25-60	30-35
#16	1.20	50-85	35-55	41-76	50-85	35-55
#8	2.40	80-98	50-70	59-92	80-98	50-70
#4	4.75	95-100	70-85	77-100	95-100	70-85
5/8"	10	100	90-100	93-100	100	90-100
3/8"	16		100	100		100

Fuente: NTP 339.198 y Guía Chilena de Shotcrete

Una de las propiedades más relevantes a verificar para el diseño de concreto lanzado Vía Húmeda es la gradación de las partículas, tenemos los parámetros de granulometría en la Norma Técnica Peruana NTP 339.198¹¹, también se encuentran parámetros en documentos del ACI-506¹² y del EFNARC¹³ que sugieren parámetros de eficacia comprobada.

2.5.3 Agua

Las características del agua a emplear deben cumplir especificaciones que ya están normalizadas, para el caso de concreto lanzado o Shotcrete tenemos estas referencias en la norma peruana NTP 339.088¹⁴ y en la ASTM C-94¹⁵ para la determinación de límites permisibles en las cualidades del agua, en la Tabla N°8

¹¹ NTP 339.198 (Norma Técnica Peruana) “Especificaciones Normalizadas para materiales de Concreto Proyectado

¹² ACI-506 (Instituto Americano de Concreto) “Guía de Shotcrete

¹³ EFNARC (Especificación Europea para concreto Proyectado)

¹⁴ NTP 339.088 (Norma Técnica Peruana) “Hormigón (concreto). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland

¹⁵ ASTM C-94 (American Society of Testing Materials) “Especificación normalizada para concreto premezclado”

se resumen los límites de concentración máxima exigidos para el agua de cloruros, sulfatos y álcalis.

Este elemento y su uso está generalizado en la mayoría de actividades dentro de la construcción no solo para la producción de concreto sino en labores de curado, tarrajeos, revestimientos, enlucidos hasta incluso consumo interno de la obra civil por esto se convierte en un recurso de importancia.

Tabla N° 8. Límites químicos opcionales para el agua de mezcla combinada

Concentración máxima en el agua de mezcla combinada, ppm (partes por millón)	LÍMITE	MÉTODO ENSAYO
CLORUROS		
1.-en concreto pretensado, tableros puentes	500	NTP 339.076
2.-Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos	1 000	NTP 339.076
SULFATOS como SO ₄ , ppm	3 000	NTP 339.076
ÁLCALIS como (Na ₂ O+0.658 K ₂ O) ppm	600	ASTM C114
Sólidos totales por masa, ppm	50 000	ASTM C1603

Fuente: NTP 339.088 Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto

El Agua es uno de los elementos infaltables que constituyen una mezcla de concreto, una de sus principales funciones es la de hidratar el cemento para que este cumpla su función de aglomerante y así sea posible la mezcla con los demás elementos constituyentes (agregados, aditivos, fibras, etc.) los requerimientos y especificaciones para el agua están dirigidos a cumplir esta función.

La Guía chilena del hormigón proyectado asegura que “sólidos disueltos superiores a los 3000 ppm pueden afectar al comportamiento del concreto lanzado y su durabilidad”, además sugiere que para controlar el calor de hidratación que se genera en la mezcla la temperatura del agua debe ser controlada (enfriar o calentar).

2.5.4 Aditivos

El uso y aplicación de estos productos están regulados por la norma peruana NTP 339.191¹⁶ o en su equivalencia con la norma americana ASTM C 1141¹⁷, la clasificación de los aditivos aceptados según estas normas comienza con la

¹⁶ NTP 339.191 (Norma Técnica Peruana) “Hormigón (concreto). Especificaciones Normalizadas para Aditivos en Concreto Proyectado”

¹⁷ ASTM C 1141 (American Society of Testing Materials) “Especificaciones Estándar de aditivos para Shotcrete

elección del tipo de método de aplicación de shotcrete, en el caso de la presente investigación es un Concreto proyectado Vía humedad, en la tabla N°9 se muestran tipos de aditivos y su respectiva normalización.

Tabla N° 9. Aditivos y su normalización para el concreto Lanzado

Para Concreto Proyectado Vía Húmeda		
TIPO	ADITIVO	NTP o ASTM
1	Acelerante Convencional	D98.NTP 334.088 tipos C ó E
2	Retardador	NTP 334.088 tipo B, D ó G
3	Aditivo mineral Puzolánico	C618 C989 C1240
4	Acero Metálico	
5	Colorantes	C979
6	Polímeros Orgánicos	C1438
7	Reductores de Agua	NTP 334.088 tipo A, D, E, F o G
8	Incorporador de Aire	NTP 334.089
9	Acelerante de Fragua	C 1102

Fuente: NTP 339.191 Especificaciones Normalizadas para aditivos en Concreto Proyectado

La aplicación de aditivos para mezclas de concreto se ha generalizado en estos últimos tiempos, para distintos tipos de solicitudes y propiedades que quieran incorporar a la mezcla de concreto, para el concreto lanzado se encuentran en el mercado varios tipos de aditivos y marcas.

La presente investigación requirió de la aplicación de dos tipos de aditivos, en dos diferentes momentos, el primero un aditivo reductor de agua o superplastificante para el momento de la mezcla del concreto, el segundo fue un acelerante en el instante de la proyección del Shotcrete.

2.5.4.1 Reductor de agua

Los aditivos que cumplen esta función en el concreto lanzado son los de más alto rango del mercado y se hacen llamar comúnmente superplastificantes.

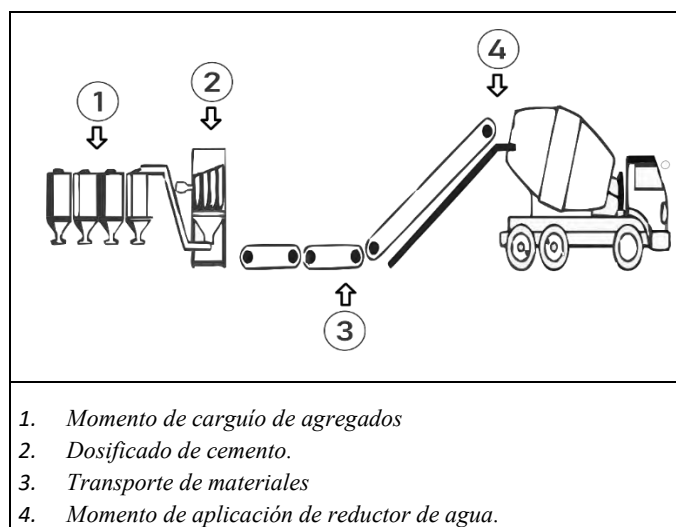
La norma NTP 339.047¹⁸, los define como “aditivos que permite aumentar el asentamiento del concreto o mortero fresco, sin aumentar el contenido de agua o que mantiene el asentamiento con menor cantidad de agua” en el caso de los reductores de alto rango son capaces de producir al menos un 12% de reducción en el contenido de agua y cumplen con los requisitos de la norma NTP 334.088¹⁹,

18 NTP 339.047 (Norma Técnica Peruana) “Concreto. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados

19 NTP 334.088 (Norma Técnica Peruana) “Cementos. Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigos (concreto)

en la figura 16 se observa el momento donde se aplica el reductor de agua que es cuando se hidrata la mezcla.

Figura 16. Momento de Aplicación Reductor de Agua



Fuente: Elaboración Propia

Se utilizó para la presente tesis el aditivo Superplastificante SH-6 de Industrias Ulmen S.A.; el cual es un producto de mezclas de polímeros y nano sílice en solución, que reduce más del 12% de agua en la mezcla. Ideales para concretos de alto desempeño, logra una gran fluidez con adecuada cohesión y sin segregación, en la Tabla N°10 se puede observar características del aditivo super plastificante, en la figura 17, se observa el aditivo superplastificante SH-6 en su presentación de 30 kg.

Tabla N° 10. Características del aditivo super plastificante SH-6

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Estado físico	Líquido
Color	Café Claro
Olor	Característico
pH	5,5 ± 2
Densidad	1,12 ± 0,02 (g/m. l)
Sólidos	46 ± 5,5 (%)
Temperatura de ebullición	100 (°C)
Punto de inflamación	No aplica
Temperatura de autoignición	No aplica
Límites de inflamabilidad	No aplica
Solubilidad en agua y otros solventes	Totalmente soluble en agua

Fuente: Hoja de datos de seguridad SH-6

Figura 17. Aditivo superplastificante SH-6



Fuente: Elaboración Propia

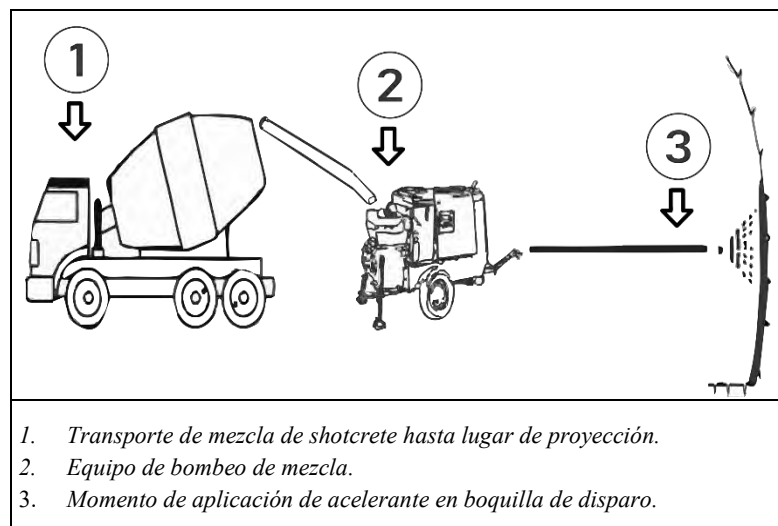
Según la Guía Chilena de hormigón Proyectado las dosis para la aplicación de estos tipos de aditivos generalmente varían entre 0.5% y 2% en peso de cemento, esto siempre dependerá de las especificaciones que añada el fabricante del aditivo,

Los reductores de agua nos permiten alcanzar dos objetivos primero aumentar la resistencia final, la razón es que se mantiene en el diseño un manejo de bajas relaciones de Agua/Cemento, segundo aumentar de manera notoria la trabajabilidad de una mezcla sin perder resistencia.

2.5.4.2 Acelerante

Los Acelerantes son utilizados en el momento de la proyección del Shotcrete, vertido exactamente en la manguera de distribución de la mezcla, en la figura 18, se observa el diagrama del momento correcto de aplicación del acelerante, que es en la boquilla de proyección.

Figura 18. Momento de Aplicación Acelerante



Fuente: Elaboración Propia

La norma NTP 339.047²⁰ los define como “aditivos que aumenta la velocidad de reacción de los compuestos en materiales de cemento, reduciendo así el tiempo de fraguado y obteniendo el aumento del desarrollo de resistencia temprana del cemento”

El principal aporte de este tipo de aditivos es en el concreto lanzado es con el objetivo de aumentar la aceleración del fraguado normal que reduzca el desplazamiento o desprendimiento del concreto lanzado y además el desarrollo de resistencias a edad temprana.

la Guía chilena de hormigón proyectado advierte que una sobredosis de un acelerador puede comprometer la durabilidad del concreto hasta en el peor de los casos tener un efecto contrario al retardar el desarrollo de la resistencia.

La dosis de aplicación del acelerante varía de acuerdo a las instrucciones del proveedor del insumo, la recomendación de la Guía de Shotcrete es la utilizar el aditivo entre un rango de 3% a 8% del peso del cemento, la mayoría de presentaciones de estos productos es en estado líquido sus componentes químicos

²⁰ NTP 339.047 (Norma Técnica Peruana) “Concreto. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados.

utilizados para su producción están en la Tabla N°11, para todos los casos los requisitos a cumplir son detallados en la ASTM C 1102²¹.

Tabla N° 11. Clases de químicos para aditivos Acelerantes.

CLASE	COMPUESTO	CARACTERÍSTICA
Cloruro de Calcio	$CaCl_2$	Relativamente rápido, aumenta la exudación y retracción por secado
Nitrato de Calcio	$CaNO_3$	Seguro, relativamente lento
Trietanolamina	$C_6H_{15}NO_3$	Seguro, relativamente lento
Hidróxidos	$NaOH$	Altamente caustico, dañinos ojos
Carbonatos	Na_2CO_3	Altamente caustico, dañinos ojos
Aluminatos de sodio	$NaAlO_2$	Caustico, rigidización mediante la formación de gel

Fuente: Guía Chilena de Shotcrete

Se utilizó para la presente tesis el aditivo Acelerante SIGUNIT L-60 AF Plus de SIKA PERÚ S.A.C.; el cual es un acelerante (solución de sulfato de aluminio) líquido libre de álcalis de alto desempeño desarrollado en base a sustancias inorgánicas especiales, para ser utilizado en concreto proyectado, con la finalidad de obtener altas resistencias iniciales y finales en concreto proyectado.

En la Tabla N°12 apreciamos algunas características del SIGUNIT L-60 y en la figura 19, se observa la presentación del acelerante de fragua SIGUNIT L60 AF plus.

Tabla N° 12. Características del aditivo Acelerante Sika Sigunit L-60 AF Plus

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Estado físico	Líquido
Color	Beige oscuro
Olor	Característico
pH a 20°C	2.00 a 4.00
Densidad a 20 °C	1.39 – 1.43 g/cm ³
Temperatura de ebullición	> 100 (°C)
Solubilidad en agua a 20 °C	El producto es miscible

Fuente: Hoja de datos de seguridad Sika Sigunit L-60 AF Plus

²¹ ASTM C1102 (American Society of Testing Materials) "Método de prueba estándar para el tiempo de fraguado de pastas de cemento portland que contiene aditivos acelerantes de fraguado rápido para hormigón proyectado"

Figura 19. Aditivo Acelerante de fragua Sigunit L60 AF Plus



Fuente: Elaboración Propia.

2.6 Ensayos de los materiales componentes para shotcrete en laboratorio

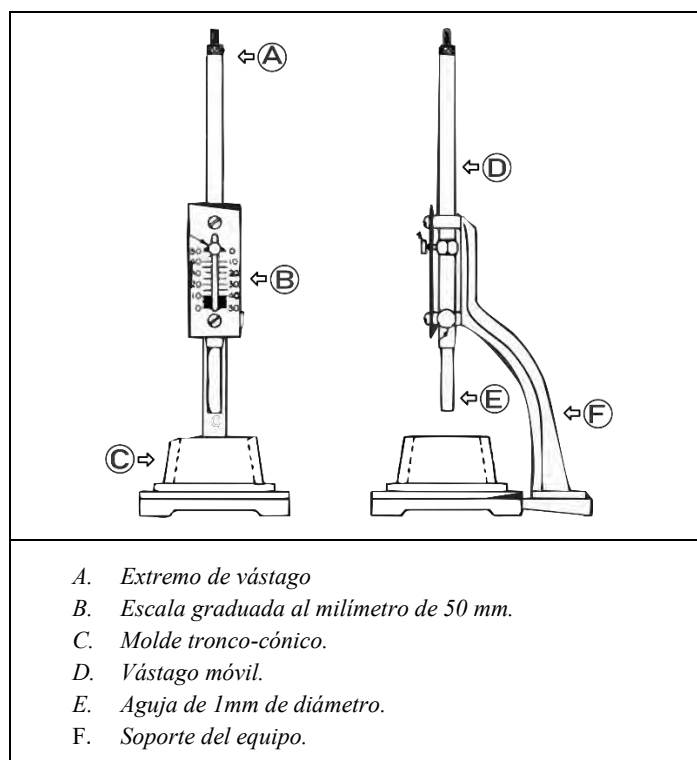
2.6.1 Cemento.

2.6.1.1 Ensayo determinación del fraguado del cemento hidráulico usando la aguja de VICAT.

Referencia Normativa. -

Para la determinación del tiempo de fraguado de los cementos que sometimos a análisis Yura IP y Yura HE utilizamos de referencia la norma ASTM C191²², la mencionada norma proporcionó la descripción del procedimiento correcto del método de ensayo con el aparato manual de Vicat y se muestra en la figura 20 las partes que deben constituyen el aparato.

Figura 20. Aparato manual de Vicat



Fuente: ASTM C-191

Equipos. –

- Balanza gramera de marca OHAUS-TA501 de capacidad máxima 500g y una aproximación máxima de 0.1 g obtener las proporciones de cemento.
- El aparato de Vicat manual que posee un émbolo usado para la medición de la penetración
- Una aguja de 1 mm y una longitud no menor de 50 mm

²² ASTM C191 (American Society for Testing and Materials) “Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico usando aguja vicat”

- Molde tronco-cónico de acero con una altura de 40 mm, un diámetro interno en la base de 70mm y uno interno en la parte superior de 60mm.
- Una placa de vidrio en la base porque no absorbe humedad, las dimensiones del vidrio cuadrado serán de 100 mm de lado.
- Una probeta calibrada para medir el agua
- Una espátula de acero.

Los equipos e instrumentos que se observan en la figura 21 son los que fueron proporcionados en el laboratorio de la planta de concreto Conarena que permitieron realizar de manera exitosa el ensayo.

Figura 21. Instrumentos para el ensayo de fraguado de cemento con aguja Vicat



Fuente: Elaboración propia

2.6.2 Agregados.

Para fines de esta investigación se seleccionó el agregado proveniente de la misma cantera que se utiliza para la producción en la planta de concreto pre mezclado esta cantera provee agregados finos y gruesos cuyos datos se presentan a continuación.

- NOMBRE: Abril
- UBICACIÓN: Centro poblado Huambutio
- DISTRITO: Lucre
- PROVINCIA: Quispicanchis
- TIPO: Cantera de materiales no consolidados a tajo abierto.

Se procedió a realizar ensayos normalizados para conocer las características físicas del agregado seleccionado, los agregados para shotcrete deben tener la misma

calidad y requisitos que para un concreto convencional normalizados con la con la NTP 400.037²³ y la ASTM C330²⁴.

De esta manera se consiguió evaluar y conocer si el agregado cumplía con los requisitos solicitados o era necesario realizar una combinación para el ajuste de sus características.

2.6.2.1 Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 por lavado

Referencia Normativa. -

Conocer el porcentaje de material que pasa por la malla N° 200 es con el objetivo de calificar el agregado fino como aceptable o no para el uso en mezclas de concreto.

La NTP 400.018²⁵ define el objetivo de este ensayo como ...” el procedimiento para determinar por vía húmeda la cantidad de polvo y partículas que pasan por el tamiz normalizado N°200 como arcillas y materiales solubles en el agua” ... para fines de la presente tesis de investigación se utilizó el manual de ensayo de materiales MTC E 202²⁶.

Equipos. –

- Una balanza marca RJ de capacidad máxima de 30kg. con una aproximación de 1 g para el pesaje del material a ser ensayado.
- Un tamiz normalizado N°200 marca PINZUAR.
- Un horno para secado marca PINZUAR eléctrico, digital y programable.
- Recipientes de acero inoxidable.
- Baldes.

2.6.2.2 Granulometría.

Referencia Normativa. -

La granulometría es de las características físicas más importantes que se tuvo que conocer y definir, la NTP 400.012²⁷ resume el método declarando ...” una muestra de agregado seco de masa conocida, es separada a través de un aserie de tamices que van progresivamente de la abertura mayor a una menor para determinar la distribución del tamaño de partículas” ... para fines de esta investigación.

²³ NTP 400.037 (Norma técnica peruana) “Especificaciones para agregados de concreto”

²⁴ ASTM C330 (American Society for Testing and Materials) “Especificaciones normalizadas para agregados livianos para concreto estructural.

²⁵ NTP 400.018 (Norma técnica peruana) “Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado N°200 por lavado en agregados”

²⁶ MTC E 202 (Manual de ensayo de materiales) “Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 por lavado”

²⁷ NTP 400.012 (Norma técnica peruana) “Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”

realizamos el ensayo siguiendo el manual MTC E 204²⁸ distribución del tamaño de partículas” ... para fines de esta investigación realizamos el ensayo siguiendo el manual MTC E 204²⁹

La Guía de shotcrete ACI -506³⁰ presenta 3 tipos de gradaciones recomendadas, comparamos los límites de gradación en la Tabla N°13, para la presente investigación se ha seleccionado la gradación N°2 (G2).

Tabla N° 13. Límites de graduación para agregados de ACI-506

MALLA		PORCENTAJE EN PESO QUE PASA POR TAMIZ		
ASTM	mm	GRADACIÓN N°1	GRADACIÓN N°2	GRADACIÓN N°3
3/4	19	-	-	100
1/2	12	-	100	80-95
3/8	10	100	90-100	70-90
N°4	4.75	95-100	70-85	50-70
N°8	2.4	80-100	50-70	35-55
N°16	1.2	50-85	35-55	20-40
N°30	0.60	25-60	20-35	10-30
N°50	0.30	10-30	8-20	5-17
N°100	0.15	2-10	2-10	2-10

Fuente: Guía de Shotcrete ACI-506

La gradación G1 considera partículas más finas y es principalmente utilizada para proyectar capas delgadas para elementos no estructurales mientras que la gradación G3 contiene partículas más gruesas que generan más porcentaje de rebote además tienen la necesidad de mangueras y boquillas especiales por su alta probabilidad de generar atasco en la línea de descarga debido a estas razones se seleccionó la gradación N°2 (G2) por usar en elementos estructurales sometidos a cargas y evidenciar mayor facilidad en cuanto al bombeo.

Equipos. –

- Una balanza marca RJ de capacidad máxima de 30kg. con una aproximación de 1 g para el pesaje del material a ser ensayado

²⁸ MTC E 204 (Manual de ensayo de materiales) “Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos”

²⁹ MTC E 204 (Manual de ensayo de materiales) “Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos”

³⁰ ACI-506 (Instituto Americano de Concreto) “Guía de Shotcrete”

- Tamices seleccionados marca PINZUAR de los números de mallas seleccionadas de acuerdo a las especificaciones seleccionadas en la gradación G2.
- Tamizadora eléctrica marca PINZUAR, para garantizar un preciso tamizado en el ensayo de granulometría
- Taras de acero inoxidable, para recibir y pesar el material de retenida en cada malla
- Cepillo de cerdas de plástico, para transportar material y limpieza de tamices.

2.6.2.3 Peso Específico y Absorción.

Referencia Normativa. -

La NTP 400.022³¹ define el peso específico de la siguiente manera... “relación de la densidad de un material a la densidad del agua a una temperatura indicada” ... El peso específico es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en diferentes mezclas.

Mientras que los valores de absorción se usan para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de los poros dentro de las partículas, la NTP 400.022 la define como...” aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas” ...

Para esta investigación realizamos los ensayos, siguiendo el manual de ensayo de materiales MTC E 205.

Equipos. –

- Una balanza marca RJ de capacidad máxima de 30kg. con una aproximación de 1 g para el pesaje del material a ser ensayado.
- Un matraz aforado (frasco volumétrico de 500 cm³).
- Un molde cónico de metal de altura de 75 mm, con un diámetro en la parte superior de 40mm y en la parte inferior de 90 mm.
- Una varilla pequeña para apisonado de metal, recta con un peso de 340 gr. que termina en una superficie plana circular de 25mm de diámetro.
- Cepillo de cerdas de plástico, para transportar material y limpieza.
- Una probeta de plástico calibrada.
- una tara para pesar y contener el material.

³¹ NTP 400.022 (Norma técnica peruana)” método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa y absorción de agregado fino”

2.6.2.4 Contenido de humedad

Referencia Normativa. -

El contenido de humedad es el porcentaje total de humedad que se evapora de una muestra de material agregado, la normativa peruana que referencia este ensayo es la NTP 339.185³² y dice ...” La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros, pero no considera el agua que se combina químicamente con los materiales de algunos agregados y que no son susceptibles a la evaporación” ...el cálculo del contenido de humedad fue un ensayo recurrente en nuestra investigación, diariamente era controlado este porcentaje.

Procedimos a realizar el ensayo en varias ocasiones siguiendo el manual del ministerio de transportes y comunicaciones MTC E 2015³³.

Equipos. –

- Una balanza marca RJ de capacidad máxima de 30kg. con una aproximación de 1 g para el pesaje del material a ser ensayado.
- Una cocina a gas, como fuente de calor.
- Un recipiente de acero para contener la muestra de agregado.
- Una espátula.
- Un cucharón.

³² NTP339.185 (Norma técnica peruana)” AGREGADOS, Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”

³³ MTC E 215(Manual de ensayo de materiales)” método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado”

2.6.3 Agua para mezcla.

La planta de concreto premezclado se utiliza para su producción agua que proviene de una fuente subterránea (manante) que emerge a la superficie en el sector denominado Mamelón Santa rosa en el distrito de san Sebastián a unos 500 metros de planta que es bombeada, transportada y almacenada en un tanque cisterna.

Para el control de la calidad del agua y el cumplimiento de las especificaciones que exige la norma peruana NTP 339.08 se lleva muestras de agua para hacerles análisis químicos en el laboratorio del departamento académico de química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Para nuestra investigación, la elaboración de shotcrete la realizamos con esta misma agua disponible en la planta de Conarena, cuyo último análisis químico nos permitió conocer los resultados resumidos en la Tabla N°14.

Tabla N° 14. Resultados de análisis fisicoquímico de agua a utilizar en producción.

RESULTADOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS	
PH	8.05
CLORUROS ppm	189.00
SULFATOS ppm	433.00
ALCALINIDAD ppm NaHCO ₃	306.40
Material Orgánica ppm	2.20
Sólidos Suspendidos ppm	2.20
Sales disueltas totales ppm	1533.00

Fuente: Elaboración Propia

2.7 Diseño de Mezclas

Para poder tener la dosificación final del shotcrete para fines de esta investigación se inició con los conceptos básicos de tecnología de concreto convencional, la guía de Shotcrete ACI 506R recomienda para un proceso de vía húmeda, que es el método utilizado para la presente tesis, dosificar básicamente de acuerdo al ACI 211.1³⁴ con la corrección de agregado para un concreto bombeable.

Elaboramos un diseño estándar $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ que nos dio una primera aproximación a las proporciones de cemento, agregado, agua y aditivo super plastificante.

³⁴ ACI 211.1 (Instituto americano de concreto) “Práctica estándar para selección de proporciones para concreto pesado normal y en masa”

2.7.1 Consideraciones para diseño.

El diseño de estructuras de concreto proyectada toma en consideración aspectos como estabilidad, resistencia, durabilidad, impermeabilidad, criterios semejantes al diseño de estructuras con concreto convencional.

La Guía de concreto Proyectado de Chile del 2015 coloca en una lista las principales consideraciones que debe tener un diseño de concreto lanzado que desarrollamos a continuación.

- Para estructuras de concreto proyectado
 - ❖ Condiciones de estabilidad
 - ❖ Condiciones de resistencia
 - ❖ Condiciones de servicio
 - ❖ Resistencia al fuego
 - ❖ Condición de durabilidad
 - ❖ Condiciones medioambientales

- Para el refuerzo
 - ❖ Sin refuerzo
 - ❖ Refuerzo convencional (mallas)
 - ❖ Refuerzo con fibras

- Para aplicación obras civiles subterráneas
 - ❖ Cargas aplicadas
 - ❖ Condiciones de estabilidad
 - ❖ Condiciones de resistencia
 - ❖ Considerando parámetros geotécnicos
 - ❖ Condiciones de servicio
 - ❖ Condiciones de durabilidad
 - ❖ Resistencia al fuego

- Para minería
 - ❖ Condiciones de resistencia y estabilidad

(parámetros geotécnicos, preparación del sustrato, interacción con otros elementos)
 - ❖ Condiciones de servicio

(flujos de agua subterránea, requerimiento de terminación de superficie)
 - ❖ Condiciones de durabilidad

(vida útil de la excavación, abrasión, temperatura y humedad, fragilidad)

- ❖ Tiempo de reingreso
- ❖ Disponibilidad de materias primas
- ❖ Tiempo de despacho

2.7.2 Proporciones para diseño de mezcla según el Método ACI 211.1

A.- Selección de Resistencia Promedio.

La resistencia a la compresión elegida para la elaboración del diseño en esta investigación fue de **F'c=280 Kg/cm²** como se muestra en la Tabla N°15 para alcanzar en 28 días, debido a que es la resistencia más comercial solicitada en nuestro país y más usada de acuerdo al plan estructural de los elementos a proyectar.

Tabla N° 15. Selección de resistencia requerida

F'c (Kg/cm ²)	F'cr
menos de 210	f'c+70
210 a 350	f'c+84
sobre 350	f'c+98

Fuente: comité 211 del ACI

- diseño estándar **F'c=280 Kg/cm²**: F'cr (resistencia promedio para diseño) = 280+84= 374 Kg/cm²

B.- Selección de relación Agua-cemento (A/C).

La relación A/C depende de criterios de durabilidad y resistencia que se le exigen a la mezcla de concreto lanzado, los valores de esta relación más utilizados en obras subterráneas donde el shotcrete tiene comportamiento estructural son menores (<) a 0.5, así mismo la ACI 506R recomienda manejar valores entre 0.4 -0.5, el uso de gran cantidad de cemento en las mezclas shotcrete nos permite mantener estos valores en la relación A/C.

- Para fines de esta investigación se planteó: **A/C = 0.5**

C.- Cantidad de Cemento.

La cantidad de cemento está directamente relacionada con la resistencia a la compresión, la guía de shotcrete ACI 506R nos presenta la Tabla N°16 donde se

correlaciona la cantidad de cemento con la resistencia que se quiere alcanzar, para esta investigación se tomó en cuenta los valores prestados en la siguiente tabla.

Tabla N° 16. Correlación resistencia -contenido de cemento

Compresión a 28 días		Factor de Cemento	
Psi	Mpa	lb/yd3	kg/m3
3000	21	500-650	300-380
4000	28	550-700	325-425
5000	35	650-850	380-500

Fuente: ACI 506R guía de shotcrete

- El contenido de cemento que se tomó para el diseño es: **425 kg/cm3**

D.- Selección de asentamiento.

El asentamiento planteado está relacionado directamente con la trabajabilidad que se solicita por el tipo de trabajo a realizar, las mezclas de shotcrete normalmente son concretos que deben ser bombeados a través de tuberías para esto la pasta tiene que ser fluida.

- El asentamiento del diseño estándar elegido es de: **9” (pulgadas)**

E.- Cantidad de Agua.

Teniendo determinado el contenido de cemento en **Kg/m3** y escogida la relación Agua -Cemento (A/C) se procedió al cálculo de la cantidad de agua con el siguiente cálculo:

$$(A/C) \times \text{CONTENIDO DE CEMENTO} = \text{CONTENIDO DE AGUA}$$

$$0.5 \times 425 \text{ kg/m}^3 = 212 \text{ Lt /m}^3$$

- El contenido de agua es de: **212 Lt /m3**

F.- Elección del tamaño máximo nominal del agregado.

Para la elección del tamaño máximo del agregado, utilizamos la gradación G2 del ACI 506 resumida en la Tabla N°17.

Tabla N° 17. Gradación G2 del ACI 506

TAMIZ		ACI 506 -G2
ASTM	milímetros (mm)	MIN-MAX
5/8"	16	100
3/8"	10	90-100
#4	4.75	70-85
#8	2.40	50-70
#16	1.20	35-55
#30	0.60	20-35
#50	0.30	8-20
#100	0.15	2-10

Fuente: Guía Chilena de shotcrete

- El tamaño máximo nominal es T.M.N.= 3/8"

G.-Cantidad de agregado

Para la cantidad de agregado en primer lugar se estima la densidad según el tamaño máximo nominal descrita en la Tabla N°18 que nos alcanza el ACI 211.1

Tabla N° 18. Primera estimación del peso del concreto fresco.

tamaño máximo nominal del agregado (mm)	DENSIDAD			
	Concreto SIN aire incorporado		Concreto CON aire incorporado	
	lb/yd3	kg/m3	lb/yd3	kg/m3
9.5	3840	2280	3710	2200
12.5	3890	2310	3760	2230
19	3960	2345	3840	2275
25	4010	2380	3850	2290
37.5	4070	2410	3910	2350
50	4120	2445	3950	2345
75	4200	2490	4040	2405
150	4260	2530	4110	2435

Fuente: ACI 211.1

Por el Tamaño máximo nominal de $\frac{3}{8}$ " la densidad correlacionada es de 2280 Kg/m³ sin embargo se realizaron correcciones de acuerdo al ACI 211.1

En cuanto al contenido de cemento se aplicó la corrección de la siguiente manera: corregir la densidad en 6.80 Kg / m³ por cada diferencia de 45 kg de contenido de cemento de 250 kg.

En cuanto al peso específico se aplicó la corrección de la siguiente manera: corregir la densidad en 45.35 Kg / m³ por cada diferencia de 0.1 del peso específico de 2.7

Densidad de concreto sin corregir = 2280 Kg/m³

Corrección por contenido de cemento = 13.6 Kg/m³

Corrección por peso específico = 31.74 Kg/m³

Densidad estimada de concreto fresco corregido = 2325.34 Kg/m³

La cantidad de agregado total corresponde a la diferencia entre la densidad estimada corregida menos el contenido de cemento y la cantidad de agua.

- Cantidad total de agregado = 2325.34 - 425 - 212 = **1688.34 kg/m³**

H.- Valores de prediseño

Después de los cálculos tomamos los valores de prediseño resumidas a continuación en la tabla N°19.

Tabla N° 19. Valores de Prediseño de mezcla con ACI 211.1

MATERIALES	UNIDAD	VALOR
Cemento	Kg/m ³	425
Agua	Lt/m ³	212
Agregado	Kg/m ³	1688.34

Fuente: Elaboración Propia.

I.- Corrección por contenido de humedad

Se calculó el aporte de humedad del agregado para realizar la corrección al contenido de agua y cantidad de agregado

Aporte de humedad del agregado = peso agregado x (humedad - absorción)

Aporte de humedad del agregado = 64 Lt/m³

- Peso de agregado húmedo = **1752.34 kg/m³**
- Agua efectiva = 212 - 64 = **148 lt /m³**

J.- Cantidad de aditivos

Para el aditivo super plastificante SH-6 según la ficha técnica alcanzada por el proveedor INDUSTRIAS ULMEN la dosis para su aplicación es entre 0.3 % y 2% respecto al peso del cemento, se sugiere realizar pruebas previas para validar una dosis ideal, para el inicio de las pruebas preliminares se escogió **1.6 %** de dosis del super plastificante.

Para el aditivo acelerante SIGUNIT L-60 AF PLUS por recomendación de la ficha técnica alcanzada por el proveedor que sugiere mantener la dosis entre 4 % y 8 % respecto al peso del cemento, menciona la misma ficha técnica que es posible utilizar mayores o menores dosis realizando ensayos previos, para iniciar las pruebas preliminares una dosis de **5%** fue la escogida.

K.- Proporciones finales del diseño

Finalmente, en la Tabla N°20 tenemos las proporciones para el diseño de mezcla inicial.

Tabla N° 20. Proporciones finales del diseño de mezcla por ACI 211.1

MATERIALES	UNIDAD	VALOR
Cemento	Kg/m ³	425
Agua	Lt/m ³	148
Agregado	Kg/m ³	1752.34
superplastificante	Lt/m ³	6.80
Acelerante	Lt/m ³	21.25

Fuente: Elaboración Propia

2.8 Ensayos para Shotcrete en estado fresco

2.8.1 Ensayo para la determinación de asentamiento de concreto fresco (SLUMP).

Referencia Normativa. -

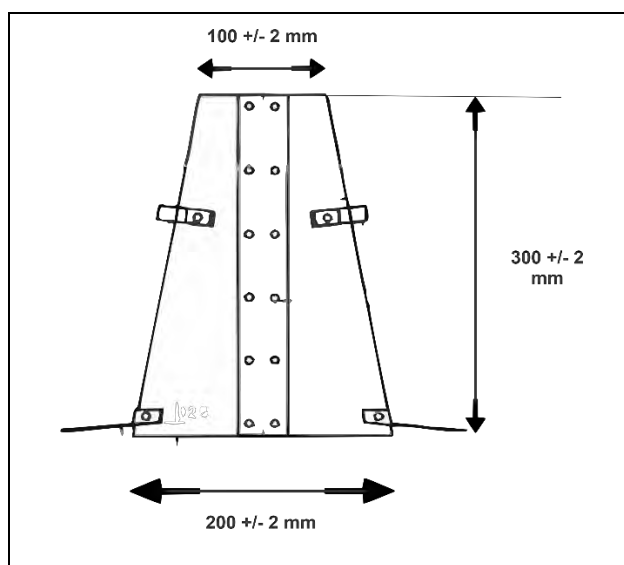
Este ensayo se utilizó para poder determinar el asentamiento del concreto lanzado o Shotcrete en estado fresco, para este ensayo se utilizó las siguientes normas:

- ASTM C 143-12³⁵: Método de ensayo normalizado para asentamiento de concreto cemento hidráulico.
- MTC E 705³⁶: Asentamiento del concreto (Slump).

Este ensayo no es aplicable cuando el concreto contiene una cantidad de agregado grueso de tamaño mayor a 37,5 mm (1½").

En la figura 22, se observa las dimensiones del molde tronco-cónico para determinar el asentamiento.

Figura 22. Dimensiones del molde para determinar el asentamiento



Fuente: MTC E 705

Equipos. –

- Cono de Abrams, Debe ser metálico, inatacable por el concreto, con espesor de lámina no inferior a 1,14 mm (0,045"). Su forma interior debe ser la superficie lateral de un tronco de cono de 203 ± 2 mm (8" ± 1/8") de diámetro

³⁵ ASTM C 143-12, (American Society of Testing Materials) Método de ensayo normalizado para asentamiento de concreto cemento hidráulico.

³⁶ MTC E 705 (Manual de ensayo de materiales) "Asentamiento del concreto (Slump)"

en la base mayor, 102 ± 2 mm ($4'' \pm 1/8''$) de diámetro en la base menor y 305 ± 2 mm ($12'' \pm 1/8''$) de altura.

- Varilla compactadora, Debe ser de hierro liso, cilíndrica, de 16 mm ($5/8''$) de diámetro y de longitud aproximada de 600 mm (24"); el extremo compactador debe ser hemisférico con radio de 8 mm ($5/16''$).
- Instrumento de medida, Regla de metal rígido (flexómetro) Longitud ≥ 12 “, divisiones de $1/4$ ” (5 mm).
- Herramientas pequeñas, Cucharón pequeño, Placa para prueba de revenimiento (50 cm x 50cm).

2.8.2 Determinación de Temperatura de mezcla.

Referencia Normativa. -

Este ensayo se realizó para medir la temperatura de mezcla de concreto en estado fresco y poder verificar la conformidad con la especificación para la temperatura de la mezcla de concreto lanzado, la guía de concreto lanzado limita la temperatura de la mezcla entre no menor de 5°C y no mayor de 35°C en el momento de la proyección, para este ensayo se utilizó la siguiente norma.

- NTP 339.184³⁷: Método de ensayo normalizado para asentamiento de concreto cemento hidráulico.

Equipos. –

- Un recipiente que contenga la muestra debe ser de un material no absorbente, lo suficientemente amplio.
- Termómetro digital TP101, el dispositivo con una exactitud $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, el dispositivo debe tener un vástago para ser introducido de al menos 3 pulgadas, como se aprecia en la figura 23.

Figura 23. Termómetro digital TP101



Fuente: Elaboración Propia

³⁷ ASTM C 143-12, (American Society of Testing Materials) Método de ensayo normalizado para asentamiento de concreto cemento hidráulico.

2.8.3 Rendimiento y contenido de Aire.

Referencia Normativa. -

La NTP 339.046³⁸ define la densidad del concreto de la siguiente manera...” el volumen de concreto logrado con una mezcla de cantidades conocidas de sus materiales componentes” ... Realizamos los respectivos cálculos para hallar su valor, así como determinamos la cantidad de aire atrapado en una mezcla de concreto fresco.

Para seguir con el desarrollo de estos ensayos utilizamos el manual de ensayo de materiales MTC E 714³⁹.

Equipos. –

- Una balanza marca RJ de capacidad máxima de 30kg. con una aproximación de 1 g para el pesaje del material a ser ensayado.
- Varilla compactadora, Debe ser de hierro liso, cilíndrica, de 16 mm (5/8") de diámetro y de longitud aproximada de 600 mm (24"); el extremo compactador debe ser esférico con radio de 8 mm (5/16").
- Olla Washington es un recipiente de medida y su cubierta consiste en igualar un volumen determinado de aire a presión conocida, con el volumen desconocido de aire en la muestra de concreto.
- Placa enrasadora – Debe ser metálica, rectangular, de por lo menos 6 mm (1/4 pulg).
- Martillos de cabeza de caucho, con una masa de aproximadamente 600 ± 200 g (1,25 ± 0,50 lb).
- Una pipeta.
- Un cucharón de acero.

³⁸ NTP 339.046 (Norma técnica peruana) “Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire”

³⁹ MTC E 714 (Manual de ensayo de materiales, Ministerio de transportes)” peso unitario de producción y contenido de aire”

2.9 Equipos de Aplicación para lanzamiento de Shotcrete Vía Húmeda

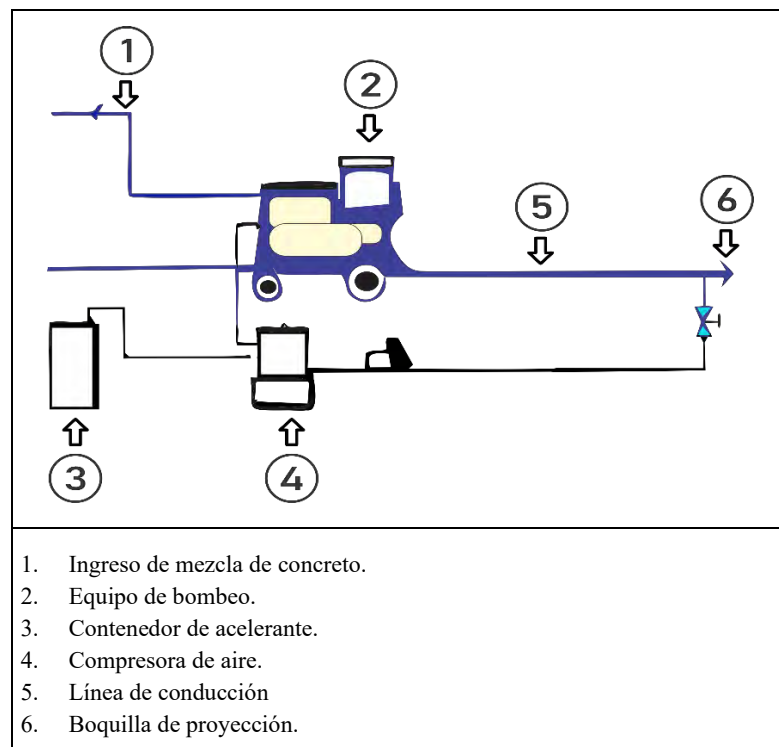
Existen factores generales a tomar en cuenta para la selección de equipos en la aplicación de concreto lanzado entre las más importantes podemos ponderar.

- Tipo de colocación de concreto
- La velocidad requerida de colocación concreto
- Tiempo disponible para la colocación de concreto
- Tipo de proceso de preparación de concreto lanzado (húmedo o seco)
- Accesibilidad al frente de trabajo
- Disponibilidad de los materiales constituyentes del concreto

Para fines de la presente investigación el tipo de colocación de shotcrete escogida es por Vía Húmeda y requiere que el trabajo sea mecanizado, para conseguir que la aplicación sea la más efectiva y más exacta en la recolección de resultados, la guía chilena de hormigón proyectado hace una disposición básica de los equipos para la proyección de concreta vía húmeda, en la figura 24 se tiene el diagrama de disposición de equipos para proyección de Shotcrete.

Bomba de Concreto – Compresora de aire – Línea de descarga – Boquilla.

Figura 24. Diagrama de Disposición de Equipos para Proyección de Shotcrete



Fuente: Elaboración Propia

El volumen de colocación de la mezcla de concreto sugerido en el equipo de bombeo si es en forma manual debe hacerse entre 3 y 10 m³ /hora sin embargo las especificaciones que alcance el proveedor del equipo de bombeo serán un criterio para tomar en cuenta.

2.9.1 Bombas de Proyección de Concreto

Existen una amplia variedad de equipos en el mercado de distintas características y capacidades dependiendo del tipo de colocación programada, para la presente investigación la planta de concreto pone a nuestra disposición la bomba de desplazamiento positivo de 02 pistones propulsados hidráulicamente modelo TK-40 de la marca PUTZMEISTER, en la figura 25 se tiene la imagen de la Bomba de proyección de concreto TK-40 Putmeizer.

Figura 25. Bomba de proyección de concreto TK-40 Putzmeister.



Fuente: Ficha Técnica Tk-40 PutzmeisterAmerica .com

Es una bomba de remolque simple ideal para proyección de concreto lanzado de proceso húmedo con una válvula S de cara dura con anillo de desgaste que se conectan a una reducción gradual de los cilindros de cromo duro para una salida de flujo parejo, su tolva está diseñada con forma dinámica para dirigir el flujo estable hacia abajo de los lados oblicuos de la tolva, en la figura 26 se tiene la imagen de la tolva y doble cilindro del TK-40.

Figura 26. Detalle de tolva y doble cilindro de TK -40.



2.9.2 Compresora de aire

El equipo de compresor de aire recomendable para aplicación de concreto lanzado son los de tipo tornillo y motores Diesel debido a que se requiere una línea de presión constante sin variación para una correcta aplicación.

En un compresor de este tipo la labor de compresión la realiza el elemento de tornillo rotativo compuesta por dos rotores que van reduciendo su medida progresivamente mientras giran en direcciones opuestas para así lograr disminuir el volumen del aire que ingresa, en la figura 27 se tiene la imagen del funcionamiento de compresora de aire tipo tornillo.

Figura 27. Detalle funcionamiento de compresora de aire tipo tornillo



Fuente: Exposición maquinarias Atlas Copco 2018

En el mercado existen diferentes marcas y potencias a elección del cliente, esta elección es determinada por la longitud de la línea de descarga (distancia entre punto de entrega de la mezcla y los elementos a vaciar) que varía por el tipo y condiciones de trabajo, la mayoría de estas presentan versiones remolque, en la figura 28 se tiene la imagen de la compresora de aire tipo tornillo CompAir C110-9.

Figura 28. Compresora de aire tipo tornillo CompAir C110-9



Fuente: Elaboración Propia

2.9.3 Tuberías de conducción.

Las tuberías utilizadas en la línea de descarga deben garantizar el buen desarrollo de la aplicación de shotcrete, así como la economía y la seguridad, la ACI - 506R nos brinda algunos consejos con respecto a la elección de las tuberías, su presión y tamaño deben estar acorde el tipo de trabajo a realizar, los acoplamientos no deben en ningún punto obstruir el flujo.

En cuanto a los diámetros de las tuberías para transporte de material la guía de shotcrete ACI -506 dice ...”el diámetro interno de la manguera de ser 3 veces el tamaño de la partícula de agregado más grande de la mezcla y si la mezcla posee aditamento como fibras preferiblemente la longitud de la fibra no debe ser superior a la mitad del diámetro de la tubería”... mientras que la Guía Chilena de Shotcrete en cuanto a los diámetros nos dice...”el diámetro interno debe ser un mínimo de 4 veces el tamaño del agregado más grande en la mezcla , cuando la proyección de concreto es con fibra de acero , la longitud de la fibra de ser preferentemente no más de 70% del diámetro interno”, en la figura 29 se tiene la imagen de tuberías para transporte de material de 2”.

Figura 29. Tuberías para transporte de material de 2”



Fuente: Elaboración Propia

2.9.4 Boquillas

Las boquillas son los elementos que se encuentran al final de la línea de conducción del concreto lanzado unida al extremo de la tubería del suministro de mezcla, podemos encontrar distintos tipos de variantes y diseños para las boquillas, su selección es importante ya que es en este elemento es donde se produce la mezcla del aditivo acelerante con la mezcla de concreto además del aire comprimido de la compresora, en la figura 30 se tiene la imagen de los tipos de boquillas para la aplicación del concreto lanzado.

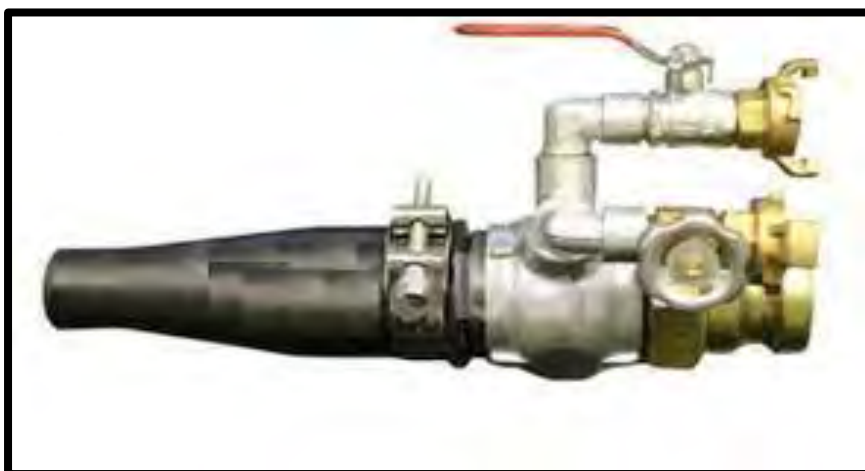
Figura 30. Tipos de boquillas para aplicación concreto lanzado



Fuente: Guía Chilena de Hormigón Proyectado

la guía de shotcrete ACI-506R⁴⁰ describe “idealmente las boquillas deben modelar la descarga como un cono interno uniforme que consiste principalmente en sólidos y agua rociada por un cono externo delgado, el tamaño de la punta no debe exceder el diámetro de la manguera”, en la figura 31 se tiene la imagen del modelo estándar de boquilla para aplicación de Shotcrete.

Figura 31. Modelo estándar de boquilla para aplicación de shotcrete



Fuente: Congreso técnico FICEM 2017

Para la Guía chilena de hormigón Proyectado la boquilla es muy importante debido a que afecta la compactación del concreto lanzado, el rebote durante la proyección y la consistencia de la mezcla, para fines de la presente investigación la planta de concreto puso a nuestra disposición una boquilla marca de Grove con una entrada para manguera de 2” con dos tomas independientes para aire y el acelerante de 1/2

⁴⁰ ACI -506R (Instituto Americano de Concreto) “Guía de Shotcrete”

“con llaves independientes respectivamente, en la figura 32 se tiene la imagen de la boquilla marca Grove para tuberías de 2”

Figura 32. Boquilla marca Grove para tuberías de 2”



Fuente: Elaboración propia

2.10 Resistencia Temprana en concreto Proyectado

Es una solicitud principal que se le exige al shotcrete y es considerada como una de las principales propiedades del concreto lanzado, la resistencia a edades tempranas es la resistencia del concreto requerida en edades menores que a los requeridos para concretos convencionales.

Según la Guía Chilena de Hormigón Proyectado el desarrollo de la resistencia a la compresión es descrito como un efecto a dos procesos químicos, el primero se da cuando se mezcla el concreto con el acelerante en la boquilla que ocurre aproximadamente entre los 0a 60 minutos y el segundo debido a la reacción de hidratación del cemento entre las 3-4 horas.

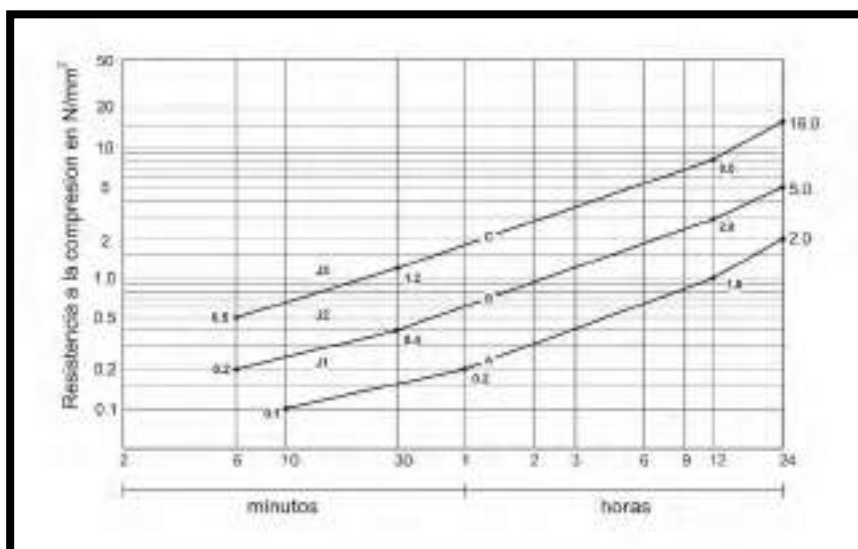
Las normas como ASTM C-1140 y las ASTM C-42 hace referencia sobre los métodos y procedimientos usados para el análisis de esta propiedad a través de la extracción de testigos en los paneles de concreto lanzado

2.10.1 Curvas J.

La Sociedad Austriaca de Tecnología de la construcción (directrices de hormigos proyectado de abril del 2013) nos señala ciertos requisitos en termino de desarrollo de resistencia antes de las 24 horas, que se usó de referencia para esta investigación se especifican de acuerdo a la resistencia temprana denominándolas J1, J2, J3.

Como se puede ver la figura 33 muestra los requisitos de la resistencia versus el tiempo transcurrido, la clase J1 está entre A y B, la clase J2 entre B y C, y la clase J3 sobre la línea C.

Figura 33. Requisitos de resistencia temprana hormigón proyectado



Fuente: Guía Austria 2013

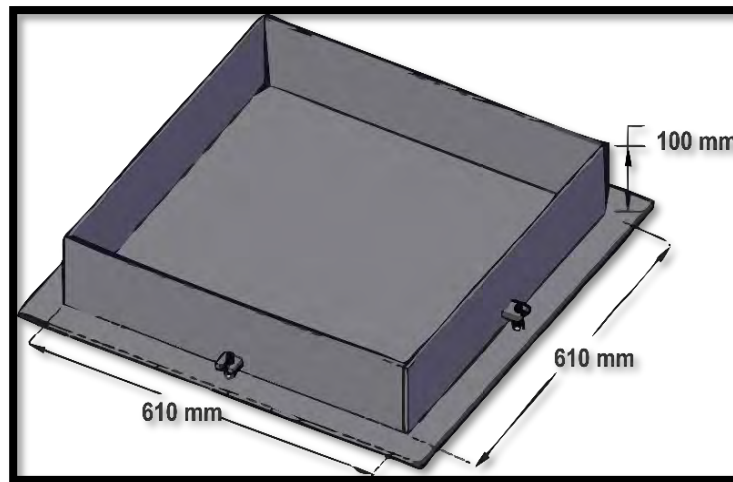
La guía Austriaca sugiere que el Shotcrete J1 es adecuado para la colocación de capas delgadas sobre superficies secas y sin requisitos especiales para soportar cargas (baja formación de polvo y rebote), el shotcrete J2 se coloca en capas gruesas a un alto rendimiento como aplicaciones que implican la soportar cargas inmediatas, el shotcrete J3 solo se debe especificar en solicitaciones especiales por su alto rebote y polvo (filtraciones).

2.11 Paneles de Pruebas de Shotcrete.

Para la elaboración y prueba de shotcrete en paneles en la investigación se utilizó de referencia la norma ASTM C1140⁴¹ que abarca pruebas en shotcrete tanto por vía seca o húmeda, para estudios de pre construcción, controles de calidad o ensayos de resistencia a la compresión y flexión. La norma nos brindó medidas para la elaboración de las bateas donde se elaboraron los paneles, se eligió fabricar bateas de acero inoxidable, las dimensiones asignadas fueron Largo=610mm Ancho =610mm con una altura de H= 100mm como la figura 34 muestra.

⁴¹ ASTM C1140 (American Society of Testing Materials) "Practica estándar para preparación y prueba de especímenes para paneles de prueba"

Figura 34. Molde de panel cuadrado 610mmx610mmx100mm.



Fuente: Elaboración propia

Las bateas serán simplemente apoyadas, con planchas de acero de 5 mm, para el contorno de los cuatro lados se empleó pernos y tuercas de $\frac{3}{8}$ " , en la figura 34 se tiene la imagen de los moldes de los paneles cuadrados señalando las dimensiones para su fabricación.

En la figura 35 podemos observar el proceso de fabricación de los moldes a través del corte y soldado de planchas de 2 mm, los paneles están constituidos por dos partes, la primera la base cuadrada y la segunda que es el encofrado metálico que da forma al panel.

Figura 35. Preparación de moldes para elaboración de paneles.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 36 se muestra los moldes listos para ser utilizados, se pintaron para evitar el deterioro por contacto con el shotcrete.

Figura 36. Pintado del molde de panel cuadrado.



Fuente: Elaboración propia

Para tener contacto con la mezcla de shotcrete y que el proceso de desencofrado sea de manera más eficiente se recubrió los moldes con una capa de petróleo con la finalidad de que no se pegara el concreto al metal del molde este proceso se muestra en la figura 37.

Figura 37. Engrasado de moldes para recibir mezcla



Fuente: Elaboración propia

En la figura 38 se muestra la ubicación y disposición en la que se colocaron los paneles para realizar la proyección, fueron colocados con una inclinación y asegurados con unos tacos de madera para mantenerlos firmes y en la inclinación correcta.

Figura 38. 06 moldes para elaboración de paneles.



Fuente: Elaboración propia

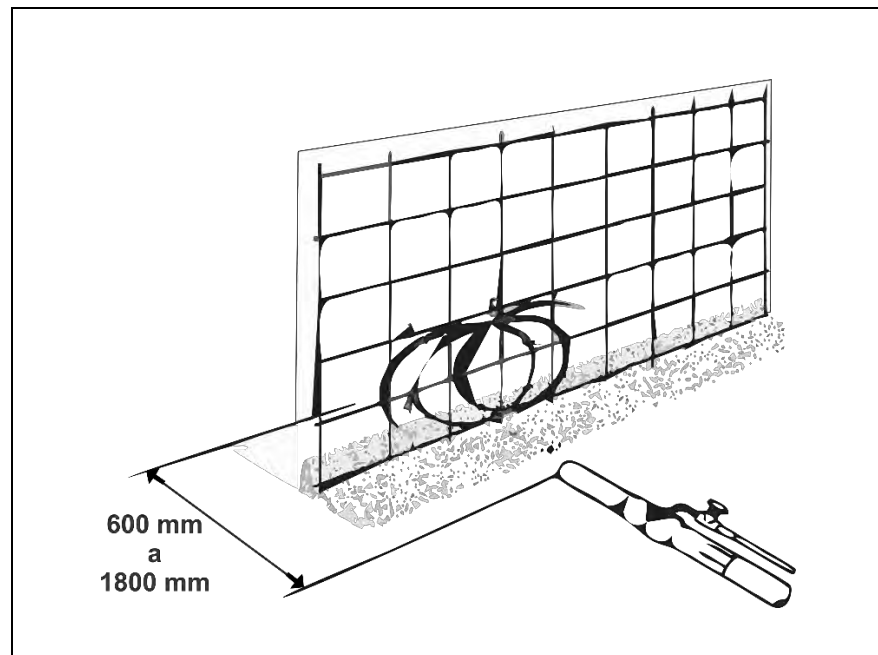
2.12 Consideraciones de lanzamiento del concreto o shotcrete.

Una vez que el personal y el equipo se establecieron en el área de trabajo junto a los materiales, se procedió a revisar las conexiones las tuberías de transporte del concreto, la conexión de mangueras de aire y así como la revisión de la presión de aire sea la correcta. Las tuberías y líneas flexibles se limpiaron y fueron conectadas con el menor número posible de curvas y sin dobleces, además el aditivo acelerante Sigunit L-60 AF plus fue ubicado cerca del punto de descarga de la bomba.

Después de verificar los equipos, los conductos de suministro de la bomba a la boquilla quedaron correctamente asegurados y totalmente lubricados con lechada de cemento.

La distancia desde la boquilla hasta la superficie debe de estar entre 0.60m a 1.80 m, para lograr una mejor compactación y menor rebote como se puede observar claramente en la figura 39 estas recomendaciones se encuentran en la Guía de shotcrete chilena

Figura 39. Distancia recomendada para aplicación de shotcrete.

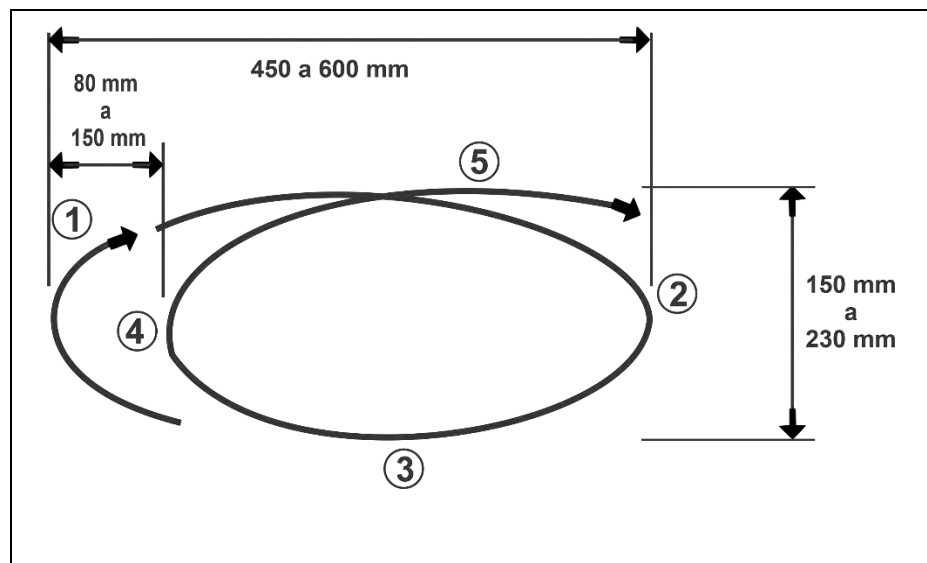


Fuente: Guía chilena de hormigón proyectado

La boquilla debe tener una dirección perpendicular a la superficie a proyectar, realizando durante la proyección movimientos circulares u ovalados, en la figura 40 se tiene la imagen de la aplicación de shotcrete en forma circular y siguiendo el patrón con sugerencia en los movimientos, donde se minimiza la incorporación de aire.

Figura 40.

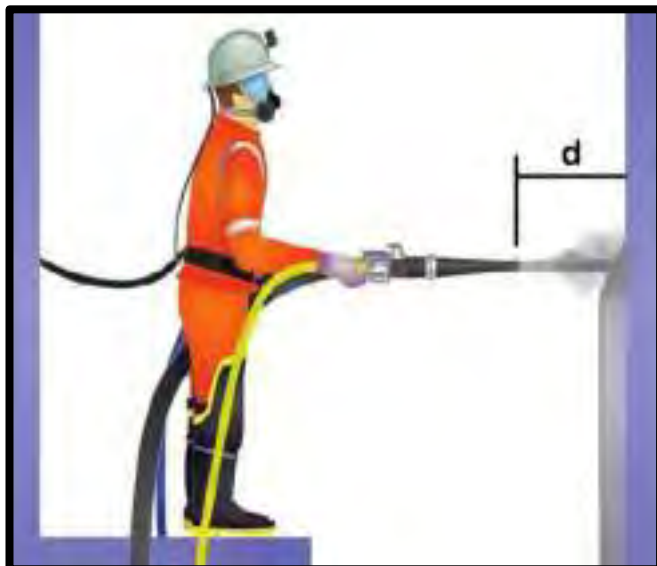
Figura 41. Patrón circular de disparo recomendada para aplicación de shotcrete.



Fuente: Guía chilena de hormigón proyectado

En la figura 42 se tiene la imagen de la aplicación de shotcrete en forma manual y la distancia de proyección mostrando claramente como el operador debe mantener la boquilla perpendicular y a la distancia “d” entre 0.60 y 1.8 m.

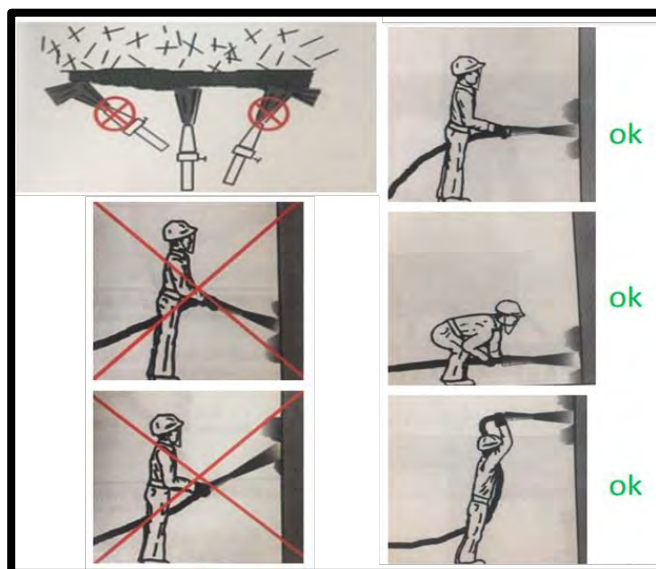
Figura 42. Aplicación de shotcrete en forma manual y la distancia de proyección y posición del operador



Fuente: Guía chilena de hormigón proyectado

En la figura 43 se puede observar claramente como la boquilla y el operador deben realizar sus movimientos para la proyección de shotcrete en un elemento perpendicular.

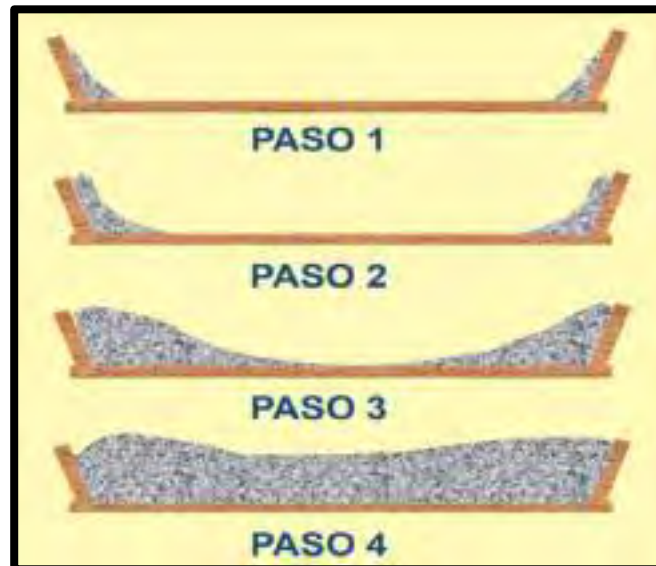
Figura 43. Aplicación de shotcrete en forma perpendicular.



Fuente: Shotcrete Michael R. Bracamontes.

El correcto llenado de los paneles con el concreto lanzado se realizó de la manera que muestra la figura 44 en 4 pasos o etapas diferentes empezando por el llenado de los bordes externos y así avanzado hacia el centro hasta que todo el molde termine lleno de mezcla.

Figura 44. Aplicación de shotcrete en los paneles para ensayos.



Fuente: Unicon Premezclado.

CAPÍTULO III. PROCEDIMIENTO Y RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.1 Procedimientos.

3.1.1 Descripción de los ensayos de materiales componentes para Shotcrete.

3.1.1.1 Cemento.

3.1.1.1.1 *Ensayo determinación del fraguado del cemento hidráulico usando la aguja de VICAT*

Se procedió en primer lugar a elaborar la pasta de cemento con 650 gr. para obtener una consistencia normal de acuerdo con el método de ensayo de ASTM C187⁴², como se muestra en la Figura 45 y en la figura 46 la preparación.

Figura 45. Pesaje de cemento 650 gr. para ensayo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 46. preparación de la pasta de cemento en condiciones normales



Fuente: Elaboración propia.

⁴² ASTM C187 (American Society for Testing and Materials) “Método de prueba estándar para la cantidad de agua requerida para la consistencia normal de la pasta de cemento hidráulico”

Una vez que se consiguió la condición de consistencia normal de la pasta, se moldea la pasta haciendo una bola con las manos y se la introduce por el extremo mayor del tronco-cónico luego engrasamos y colocamos la placa de vidrio para darle la vuelta así retirar el exceso en el extremo menor para dejarlo reposar hasta que las pruebas de penetración se realicen, como se muestra en la Figura 47.

Figura 47. Modelamiento de espécimen en tronco -cónico



Fuente: Elaboración propia.

Después de esperar durante 30 min el moldeado sin ninguna alteración, colocamos el espécimen en el aparato de Vicat, colocamos la aguja de 1mm en el émbolo para fijar el tornillo de sujeción y empezar con las lecturas, como se muestra en la Figura 48.

Figura 48. Lectura del aparato vicat.



Fuente: Elaboración propia.

Para realizar las lecturas se soltó el émbolo y se dejó la aguja se asiente en un tiempo de 30 seg. y se registró la lectura sucesivamente en intervalos de 15 min,

cada vez que se producía la penetración se tuvo que retirar y limpiar la aguja, así repetimos el procedimiento, como se muestra en la Figura 49.

Figura 49. Penetraciones de aguja para lectura



Fuente: Elaboración propia.

Cuando la aguja tuvo una penetración de 25 mm registramos el tiempo de inicio de fraguado inicial del cemento y luego cuando la aguja no deja una marca visible sobre la pasta registramos el tiempo de fraguado final, como se muestra en la figura 50.

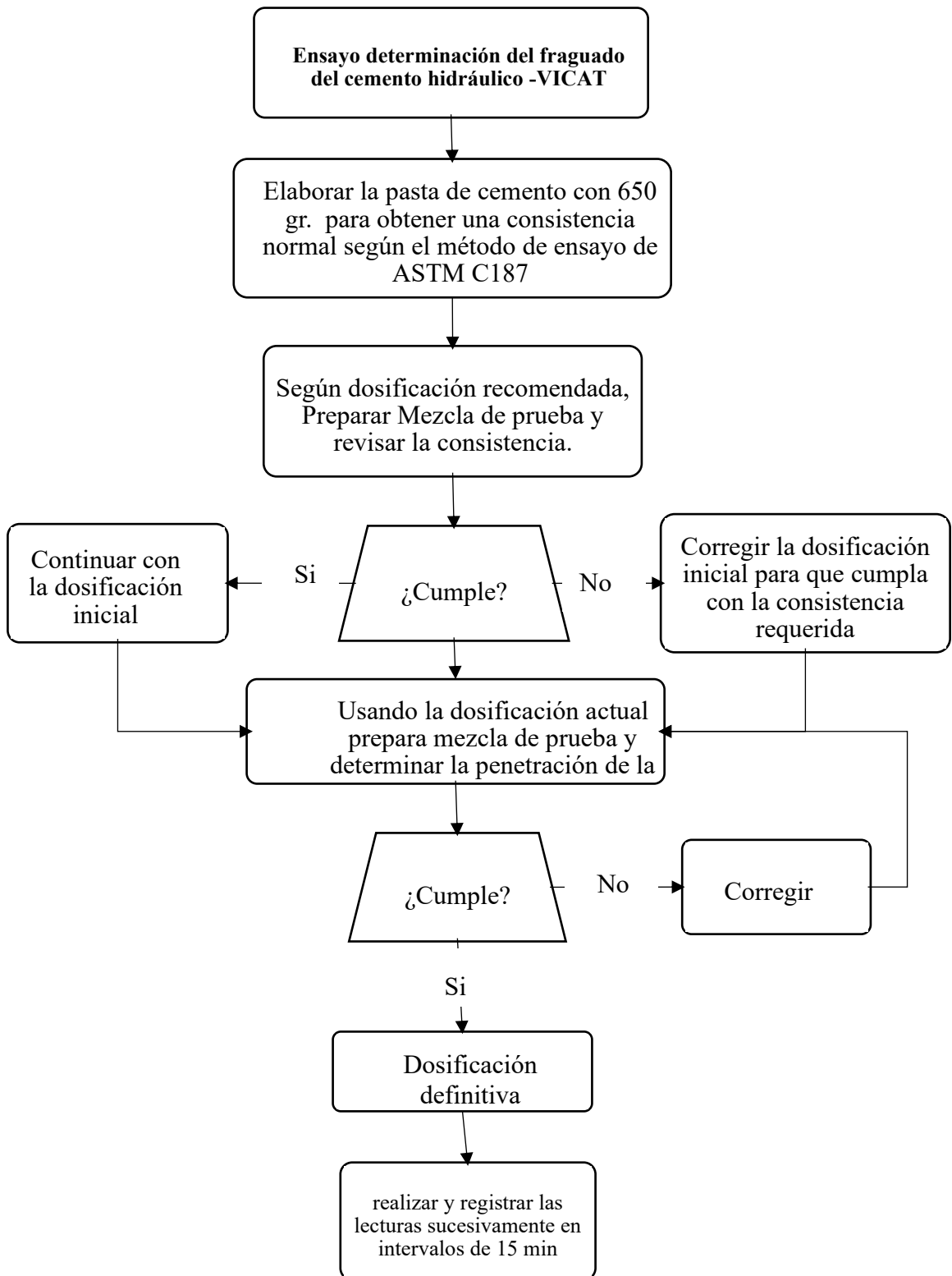
Figura 50. Tiempo de fragua fina de cemento Yura IP



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 51, se tiene el diagrama del ensayo para determinación de fraguado del cemento hidráulico.

Figura 51. Diagrama ensayo fraguado de cemento



Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.2 Agregados.

3.1.1.2.1 Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 por lavado.

Primero se pesó 1000 gr de muestra del material para el ensayo, siguiendo con el procedimiento descrito en materiales MTC E 202, como indica la tabla N°21.

Tabla N° 21. Cantidad mínima de muestra para Lavado por malla N°200

Tamaño máximo nominal del agregado		Peso mínimo de la muestra
4.75 mm	N°4 o menor	300 gr
9.5 mm	3/8 “	1000 gr
9.0 mm	3/4 “	2500 gr
37.5 mm	1/2 “o mayor	5000 gr

Fuente: MTC E 202

Se colocó la muestra en un recipiente y se agregó la suficiente cantidad de agua para que todo el material quede sumergido, inmediatamente después se procedió a agitar con fuerza el recipiente con la finalidad de separar todas las partículas más finas que empezaron a suspenderse, como se muestra en la figura 52.

Figura 52. Pesaje y agitado de muestra con agua



Fuente: Elaboración propia.

Después procedió a verter el agua con el material fino suspendido sobre el tamiz normalizado N°200, como se muestra en la figura 53 teniendo cuidado con la decantación del agua para no verter partículas más gruesas sobre el tamiz.

Figura 53. Agitado y decantación de agua sobre malla N°200



Fuente: Elaboración propia.

Se repitió la anterior acción hasta que el agua que se vertió para el lavado después de agitarlo quede completamente clara, como se muestra en la figura 54 el material que quedó retenido en la malla N°200 fue devuelto mediante un chorro de agua al material lavado.

Figura 54. culminación de lavado y retorno de material retenido por la malla N°200



Fuente: Elaboración propia.

Para terminar el ensayo se procedió a secar el material lavado para determinar su peso con una aproximación de 0.1 % según el manual de ensayo con respecto del peso original de la muestra, como se muestra en la figura 55.

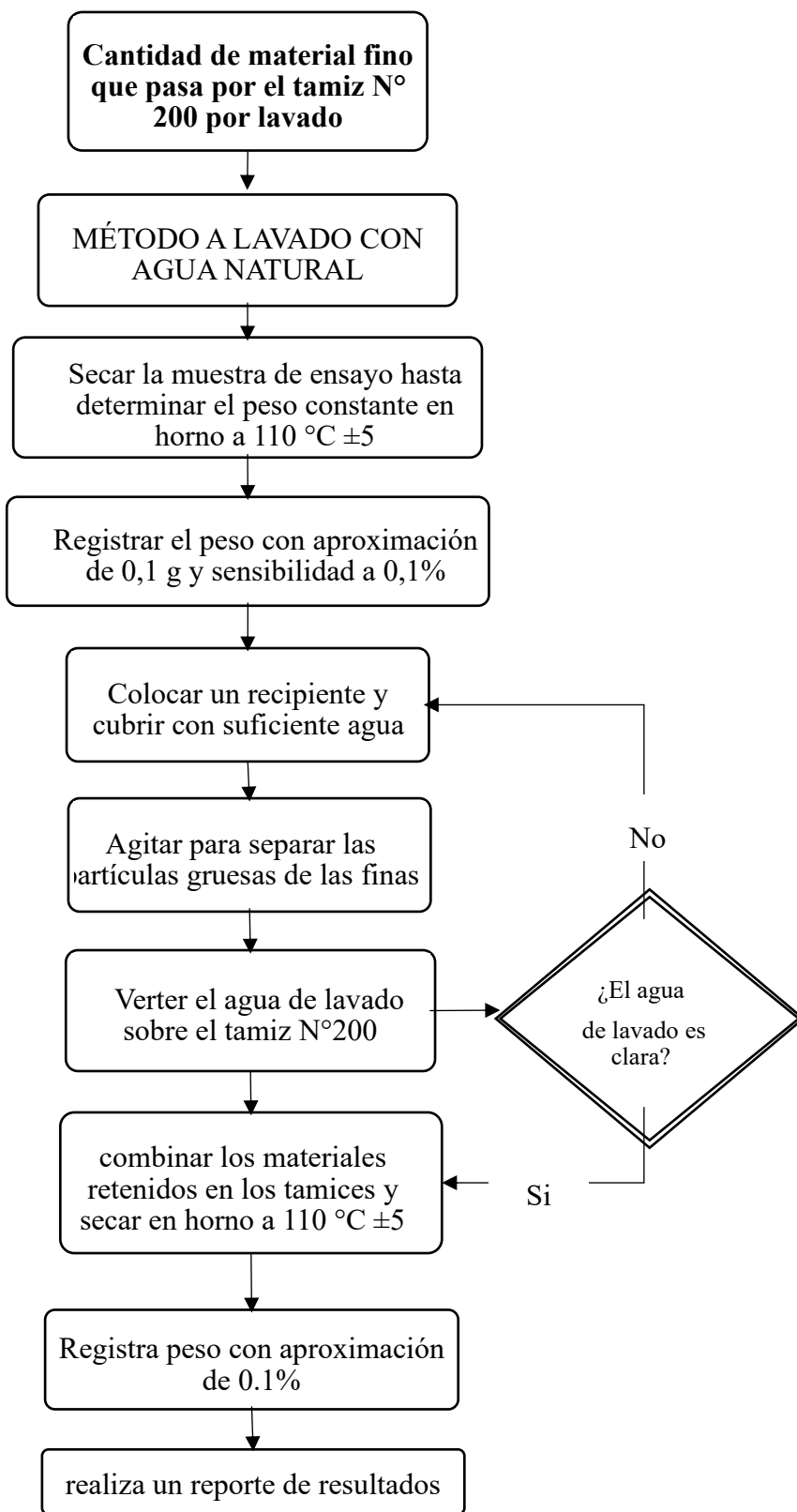
Figura 55. Secado y pesaje final de la muestra para ensayo de lavado por malla N°200



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 56, se tiene el diagrama del ensayo de la Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 por lavado.

Figura 56. Diagrama de ensayo tamiz N°200.



Fuente: Elaboración propia

3.1.1.2.2 Granulometría.

Primero se procedió a secar la muestra de agregados después del lavado a temperatura ambiente en el recipiente de acero como se muestra en la figura 57, después pesamos más de 1 kg de material como indica el manual de ensayo de materiales MTC E 204 como se observa en la Tabla N°22 por que determinamos que la muestra contenía partículas tamaño máximo de $\frac{3}{8}$ ".

Tabla N° 22. Cantidad mínima de muestra de agregado

Tamaño máximo nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	kg
9.5	($\frac{3}{8}$)	1
12.5	($\frac{1}{2}$)	2
19.0	($\frac{3}{4}$)	5
25.0	(1)	10
3.5	(1 $\frac{1}{2}$)	15
50.0	(2)	20

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC E204

Figura 57. Secado y pesaje de muestra de agregado



Fuente: Elaboración propia.

Se seleccionó los tamices y los colocamos en orden de tamaños según la gradación seleccionada G2 los tamices deben encajar perfectamente en orden de mayor a menor, como se muestra en la Figura N° 58 y 59.

Figura 58. Colocación descendente de tamices y vertido de muestra



Fuente: Elaboración propia.

Figura 59. Vertido de muestra de material en tamices



Fuente: Elaboración propia.

Llevamos los tamices ordenados en forma descendente hasta la máquina tamizadora, se aseguró los tamices y programamos el agitador mecánico con el tiempo total de 1 min, como se muestra en la figura 60.

Figura 60. Agitador mecánico para tamizar muestra



Fuente: Elaboración propia.

Después de cumplir el tiempo programado en la agitadora mecánica, se retiró los tamices para proceder al pesaje de los porcentajes retenidos en cada tamiz e ir registrando los pesos obtenidos, como se muestra en la figura 61.

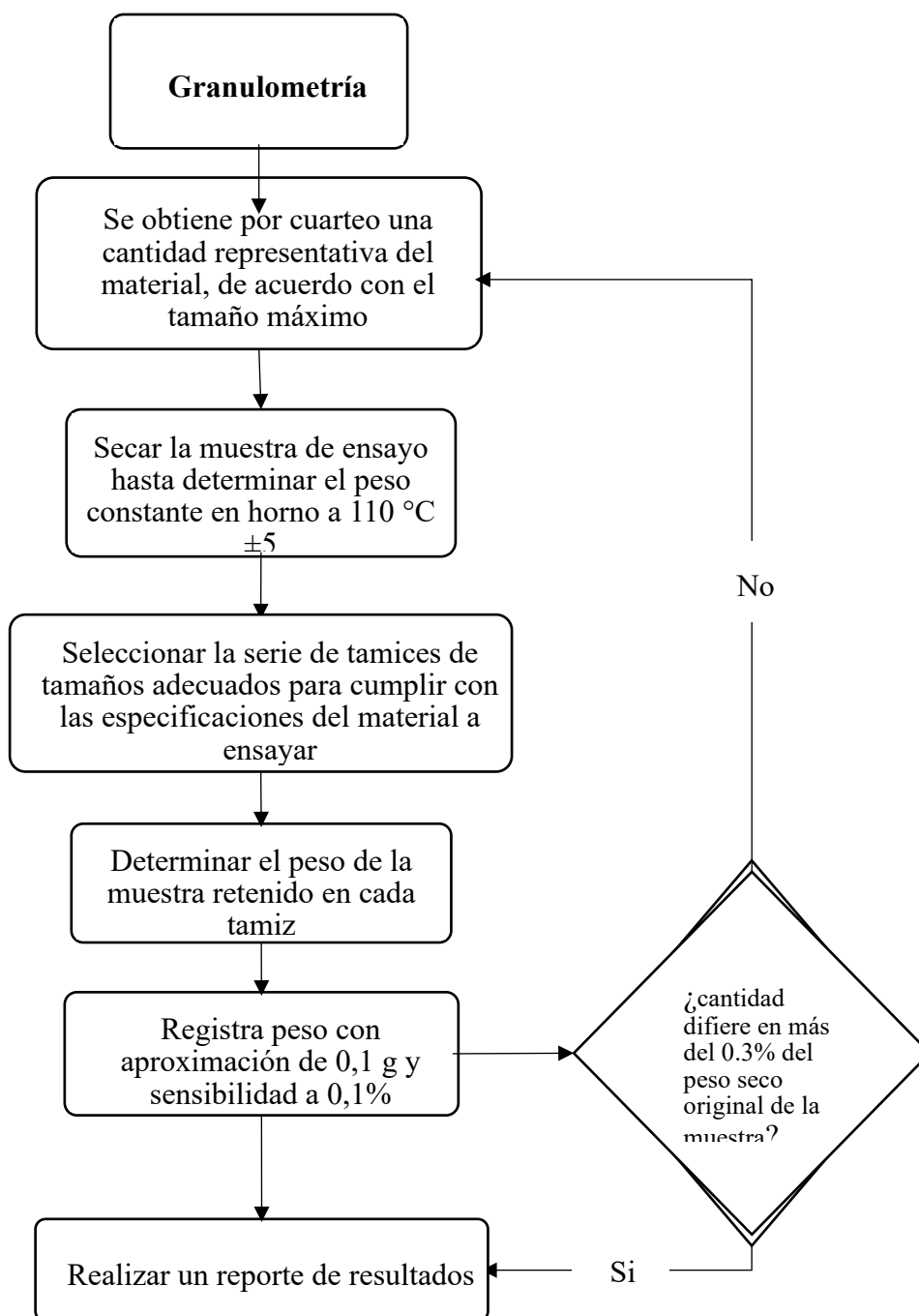
Figura 61. Pesaje de material retenido en cada Malla



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 62, se tiene el diagrama del ensayo para el ensayo de granulometría.

Figura 62. Diagrama ensayo de granulometría.



Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.2.3 *Peso Específico y Absorción*

Se dejó reposando la muestra de material por 24 horas en un recipiente cubierto de agua, después de este tiempo de inmersión se procedió a decantar con mucho cuidado el agua para evitar la pérdida de finos, como se muestra en la figura 63.

Figura 63. Muestra sumergida en agua y decantación.



Fuente: Elaboración Propia

Se procedió a secar la superficie de las partículas de la mezcla, extendiendo sobre una bandeja de metal para hacerla de manera constante y uniforme, cuando empezamos a ver que el material se acerca cumplir la condición de saturado con superficie seca (SSS) procedimos a utilizar el molde cónico, lo apoyamos sobre una superficie no absorbente, para llenarlo de material y apisonar la muestra con 25 golpes de la varilla, como se muestra en la Figura 64 y 65.

Figura 64. Secado de superficie de partículas.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 65. Uso de molde cónico y apisonado.



Fuente: Elaboración Propia

Cuando el molde cónico está lleno y apisonado, luego se tuvo que levantar lentamente, si la superficie de la muestra todavía tiene exceso de humedad el cono de material conservará su forma original, entonces continuamos agitando el material por unos minutos para repetir la acción con el molde, esta acción tal cual se observa en la figura 66.

Figura 66. Muestra saturada superficialmente seca (sss).



Fuente: Elaboración Propia

Cuando el material produjo un desmoronamiento artificial fue cuando se había alcanzado la condición de saturado con superficie seca (SSS), luego procedimos con esta muestra a llenar parcialmente el matraz con agua con una muestra de

material de 500gr. y luego se llenó con agua hasta alcanzar la marca de 500 cm³ en el matraz para después manualmente agitar el matraz para sacar las burbujas, como se observa en la figura 67.

Figura 67. Llenado de matraz con muestra y agua.



Fuente: Elaboración Propia

Se tuvo que agitar el matraz varias veces durante 15 min para eliminar la totalidad de las burbujas de aire generadas, como se observa en la figura 68. inmediatamente después se procedió a sacar las burbujas de forma manual de manera que no se contamine la muestra.

Figura 68. Agitado del matraz.



Fuente: Elaboración Propia

Se dejó el matraz en estado de reposo para que el material se precipite al fondo del recipiente después de algunos minutos algunas partículas quedan suspendidas en la superficie del agua que son también retiradas manualmente, luego se procedió a pesar el total del frasco con la muestra y el agua, como se observa en la figura 69.

Figura 69. Extracción de burbujas y pesaje.



Fuente: Elaboración Propia

Después se procedió a retirar el material del matraz para el secado de la muestra en el horno, después se dejó enfriar para poder determinar por último el peso de muestra seca, como se observa en la figura 70.

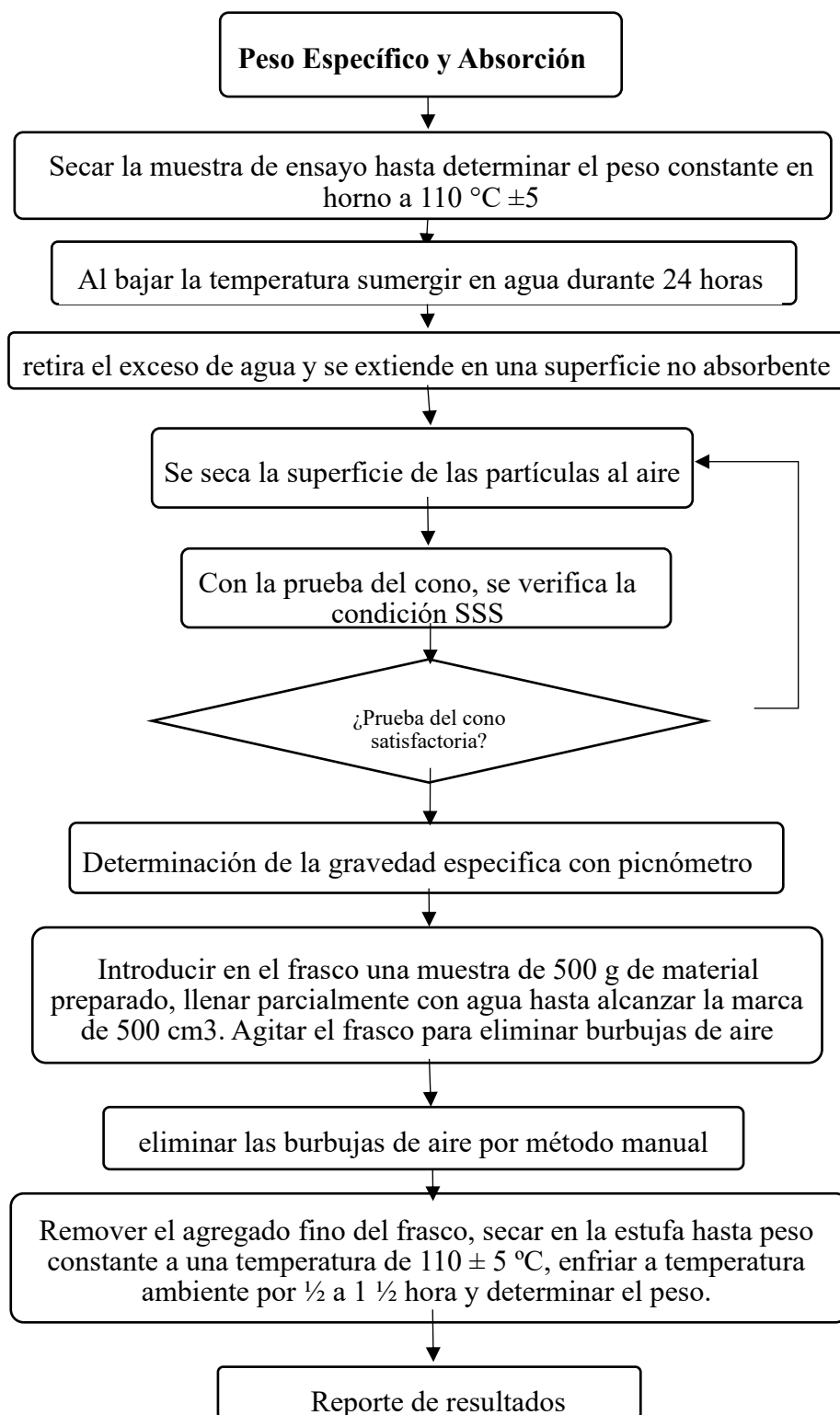
Figura 70. Secado de muestra y pesaje de material seco.



Fuente: Elaboración Propia

En la figura N° 71, se tiene el diagrama del ensayo para determinar el Peso Específico y Absorción.

Figura 71. Diagrama de ensayo Peso específico y absorción.



Fuente: Elaboración propia

3.1.1.2.4 Contenido de humedad.

El muestreo del material se realizó de acuerdo al MTC E 201, pesando una muestra representativa mayor 1.5 kg de acuerdo a la Tabla N°23 en un recipiente de acero, como se observa en la Figura 72.

Tabla N° 23. Tamaño de muestra de agregado para ensayo de Contenido de Humedad

Tamaño máximo nominal de agregado (pulgadas)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal (Kg)
N°4	0.5
3/8	1.5
1/2	2.0
3/4	3.0
1"	4.0
1.1/2	6.0
2"	8.0
2.1/2	10.0
3"	13.0
3.1/2	16.0
4"	25.0
6"	50.0

Fuente: MTC E 201

Figura 72. Pesaje de muestra de agregado con humedad.



Fuente: Elaboración Propia

Cómo se observa en la Figura 73 se secó la muestra colocando el recipiente con el material sobre la hornilla prendida de la cocina luego cubrimos el recipiente, esperando uno minutos retiramos para tapa y removemos con la espátula el material para esparcir uniformemente la muestra garantizar que todas las partículas reciban el suficiente calor, cuidar no perder ni una sola partícula.

Figura 73. Secado de muestra en cocina a gas.



Fuente: Elaboración Propia

Una vez que la muestra esté suficiente seca se apagó la hornilla luego se retiró el recipiente para que se enfríe durante el tiempo que sea necesario para no dañar la balanza y finalmente registramos el peso de material seco y calculamos la humedad, como se observa en la figura 74.

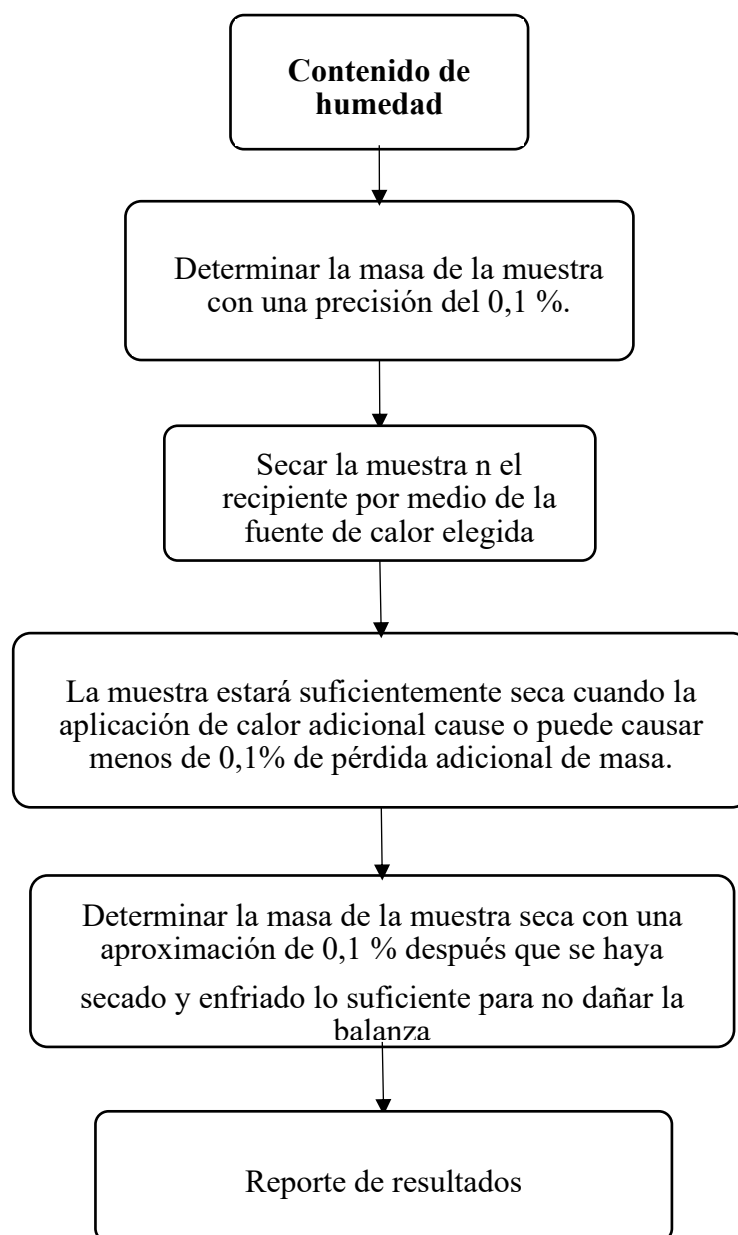
Figura 74. Pesaje de muestra de agregado Seco.



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 75, se tiene el diagrama del ensayo para determinar el Contenido de Humedad que se siguió.

Figura 75. Secado de muestra y pesaje de material seco.



Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 Descripción ensayos para Shotcrete en estado fresco

3.1.2.1 Ensayo para la determinación de asentamiento de concreto fresco.

Primero se procedió a humedecer el molde y se coloca sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda y no absorbente, luego, se sujetó firmemente con los pies y llenamos con la muestra de concreto en tres capas como se observa en la figura 76, cada una de ellas de un tercio del volumen del molde, aproximadamente.

Figura 76. Llenado de cono de abrams.



Fuente: Elaboración Propia

Cada capa fue compactada con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente. Para la capa del fondo es necesario inclinar ligeramente la varilla dando aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y avanzando con golpes verticales en forma de espiral, hacia el centro luego se llenó el molde hasta que se retira el mismo, este proceso se realizó sin interrupción en un tiempo máximo de 2 minutos 30 segundos, como se observa en la figura 77.

Figura 77. Retiro de cono de Abrams.



Fuente: Elaboración Propia

Inmediatamente después, se midió el asentamiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior del espécimen, como se observa en la Figura 78.

Figura 78. Medición de asentamiento de mezcla.



Fuente: Elaboración Propia

3.1.2.2 Temperatura en la mezcla.

Se procedió a colocar el termómetro TP101 en la mezcla de concreto lanzado, de tal modo que el vástago quede sumergido 3 pulgadas para que la temperatura ambiente no afecte la medición de la temperatura como se muestra en figura 79.

Figura 79. Medición de temperatura de mezcla.



Fuente: Elaboración Propia

El termómetro estuvo introducido durante 2 minutos como sugiera la NTP 339.184 para poder registrar el dato de temperatura de la mezcla.

3.1.2.3 Rendimiento y contenido de Aire.

Se procedió a llenar la olla en tres capas, cada capa se compactó introduciendo la varilla 25 veces y golpeando la olla con el martillo de caucho 10 veces para eliminar el aire atrapado, como se observa en la figura 80.

Figura 80. Llenado de olla Washington.



Fuente: Elaboración Propia

Con la plancha enrasadora se hizo el acabado superficial a la mezcla, se limpió los bordes del recipiente y colocamos la tapa de la olla Washington asegurándola con las abrazaderas, llenamos agua por una de las llaves de purga hasta que el agua emerja por la válvula opuesta, como se observa en la figura 81.

Figura 81. Llenado de válvulas de purga de olla Washington.



Fuente: Elaboración Propia

Luego se cerró la válvula de sangrado y bombeamos aire a la olla hasta que el dial se ubique en la línea de presión inicial, abrimos la válvula principal de aire y registramos el porcentaje de aire, como se observa en la figura 82.

Figura 82. Bombeo de aire en olla Washington.



Fuente: Elaboración Propia.

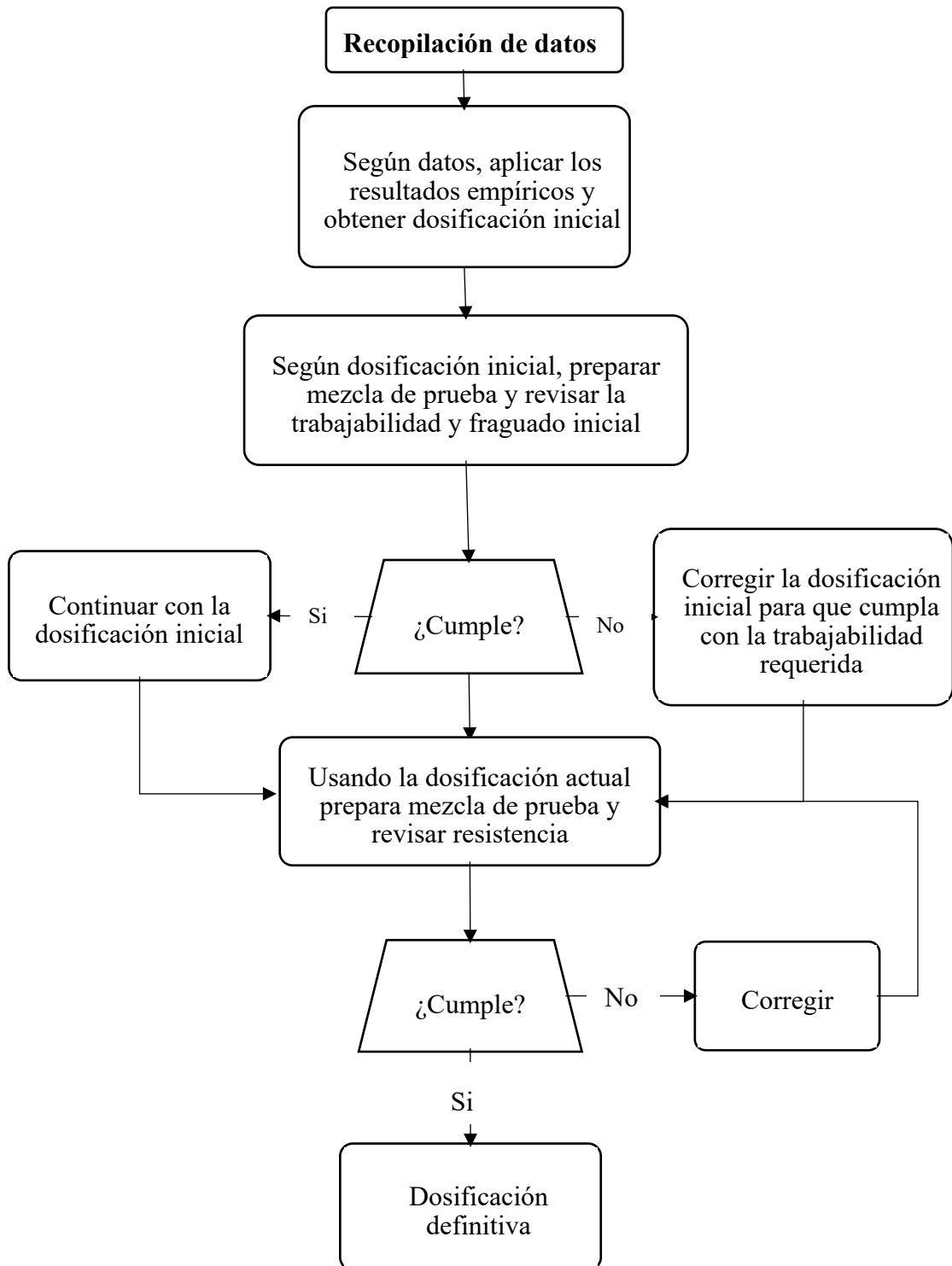
3.1.3 Descripción del Diseño.

Para poder tener la dosificación final del shotcrete para fines de esta investigación se inició con los conceptos básicos de tecnología de concreto convencional, la guía de Shotcrete ACI 506R recomienda para un proceso de vía húmeda, que es el método utilizado para la presente tesis, dosificar básicamente de acuerdo al ACI 211.1⁴³ con la corrección de agregado para un concreto bombeable.

Elaboramos un diseño estándar $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ que nos dio una primera aproximación a las proporciones de cemento, agregado, agua y aditivo super plastificante, En la figura 83, se tiene el diagrama de flujo para Diseño de Mezcla.

⁴³ ACI 211.1 (Instituto americano de concreto) “Práctica estándar para selección de proporciones para concreto pesado normal y en masa”

Figura 83. Diagrama de flujo para Diseño de Mezcla.



Fuente: Elaboración Propia.

3.1.3.1 Tandas de Prueba para diseño

Para validar cualquier diseño de mezclas y más aún un diseño de shotcrete debe ser sometida a pruebas preliminares para tener un proceso de prueba y ajuste necesarios para producir la mezcla en forma masiva y proceder a su aplicación.

Se procedió a elaborar en laboratorio tandas de prueba de 30 Lt para observar el comportamiento de los diseños planteados, como se observa en la Figura 84 y 85.

Figura 84. Pesaje de materiales para desarrollo de tandas de prueba.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 85. Desarrollo de tandas de Prueba en laboratorio para diseño de shotcrete.



Fuente: Elaboración Propia.

PRUEBA N° 1: DISEÑO DE MEZCLA F'C=280 Kg/cm²

- En la tabla N°24 se tiene el desarrollo del diseño de mezclas para la tanda de prueba y las proporciones para la realización de la tanda de prueba N°1 para diseño estándar de shotcrete F'c=280 kg/cm².

Tabla N° 24. Diseño de mezcla shotcrete tanda de prueba N°1.

FECHA	13/09/2021	% Aditivo SH-6 plastificante	1.6 %				
TANDA	0.30 lt	% Absorción agregado	1.6 %				
CEMENTO	Yura 1P	% humedad agregada	6.85 %				
Relación (A/C)	0.50	Modulo Fineza agregado	3.66				
Materiales	P.E. (kg/cm³)	Volumen (m³)	Diseño en seco 1 m³	Diseño sss para 1 m³	Corrección por humedad	Diseño corregido para 1 m³	Diseño corregido para tanda
Cemento	2850	0.1491	425 kg	425		425 kg	12.75kg
Agua	1000	0.2125	236 Lt	212	78 Lt	135 Lt	4.04 Lt
Arena	2631	0.5723	1482 kg	1506		1584 kg	47.51 kg
SH-6	1120	0.0061	6.80 kg	6.80		6.8 kg	204.00 gr
Aire	100	0.0600	6.0 %	6.0 %		6%	6%
TOTAL		1.0000	2153 kg			2153 kg	
					Agua adicionada	900 ml	

Fuente: Elaboración Propia

• COMENTARIOS A LA PRUEBA N°1 DEL DISEÑO DE MEZCLA

La interacción del aditivo plastificante con el resto de la mezcla no fue al instante, sino más bien con retraso, al ver que la mezcla se mantenía seca y no se hacía fluida, como se observa en la Figura 86, se tomó la decisión de adicionar más agua hasta 900 ml.

Después de casi 10 min de mezclado en el trompo del laboratorio el aditivo SH-6 recién reaccionó con el resto de la mezcla provocando una segregación total de la mezcla, por el incremento de agua que realizamos y la pérdida de la relación agua cemento.

Por tanto, la tanda de pruebas N°1 quedó completamente descartada.

- CONSIDERACIONES

El tiempo de mezclado en el trompo tiene que ser de casi 10 minutos para conseguir ver la reacción del aditivo con la mezcla.

Mezclar previamente el agua con el aditivo en un recipiente aparte para que ingresen juntos al trompo.

Figura 86. Mezcla de tanda de prueba N°1, mezcla sin alcanzar fluidez.



Fuente: Elaboración Propia

PRUEBA N° 2: DISEÑO DE MEZCLA F'C=280 Kg/cm²

- En la tabla N°25 se tiene el desarrollo del diseño de mezclas para la tanda de prueba y las proporciones para la realización de la tanda de prueba N°2 para diseño estándar de shotcrete F'c=280 kg/cm².

Tabla N° 25. Diseño de mezcla shotcrete tanda de prueba N°2

FECHA	13/09/2021	% Aditivo SH-6 plastificante	1.6 %				
TANDA	0.30 lt	% Absorción agregado	1.6 %				
CEMENTO	Yura 1P	% humedad agregada	6.85 %				
Relación (A/C)	0.50	Modulo Fineza agregado	3.66				
Materiales	P.E. (kg/cm ³)	Volumen (m ³)	Diseño en seco 1 m ³	Diseño sss para 1 m ³	Corrección por humedad	Diseño corregido para 1 m ³	Diseño corregido para tanda
Cemento	2850	0.1491	425 kg	425		425 kg	12.75kg
Agua	1000	0.2125	236 lt	212	78 Lt	135 lt	4.04 lt
Arena	2631	0.5723	1482 kg	1506		1584 kg	47.51 kg
SH-6	1120	0.0061	6.80 kg	6.80		6.8 kg	204.00 gr
Aire	100	0.0600	6.0 %	6.0 %		6%	6%
TOTAL		1.0000	2153 kg			2153 kg	
					Agua adicionada	120 ml	

Fuente: Elaboración Propia

COMENTARIOS A LA PRUEBA N°2 DEL DISEÑO DE MEZCLA

Aumentamos el tiempo de mezclado en el trompo a 8 min, en los que notamos que el aditivo empieza a reaccionar y la mezcla comienza a hidratarse.

El agua adicionada para esta tanda fue de solamente 120 ml, para que la mezcla alcance fluidez.

Se produjo una reacción química entre el agua y el aditivo que se manifestó con un exceso de burbujas de aire en toda la mezcla, como se observa en la Figura N° 87, por esta razón se desechó la tanda de prueba

- CONSIDERACIONES

El ataque químico que produjo un exceso de burbujas en la mezcla se debe al elevado porcentaje de la dosis, el proveedor sugirió bajar la dosis de SH-6 para evitar esta reacción.

Para la siguiente tanda se propuso reducir la dosis de 1.6 % a 1.2% para ver cómo se comporta la mezcla, como se observa en la Figura N° 71.

Figura 87. Mezcla de tanda de prueba N°2, reacción química manifestación de burbujeo.



Fuente: Elaboración Propia

PRUEBA N° 3: DISEÑO DE MEZCLA F'C=280 Kg/cm²

- En la tabla N°26 se tiene el desarrollo del diseño de mezclas para la tanda de prueba y las proporciones para la realización de la tanda de prueba N°3 para diseño estándar de shotcrete F'c=280 kg/cm².

Tabla N° 26. Diseño de mezcla shotcrete tanda de prueba N°3

FECHA	15/09/2021	% Aditivo SH-6 plastificante	1.2 %				
TANDA	0.30 lt	% Absorción agregado	1.6 %				
CEMENTO	Yura 1P	% humedad agregada	5.69 %				
A/C	0.50	Modulo Fineza agregado	3.66				
Materiales	P.E. (kg/cm³)	Volumen (m³)	Diseño en seco 1 m³	Diseño sss para 1 m³	Corrección por humedad	Diseño corregido para 1 m³	Diseño corregido para tanda
Cemento	2850	0.1491	425 kg	425		425 kg	12.75kg
Agua	1000	0.2125	236 lt	212	61 Lt	152 lt	4.55 lt
Arena	2631	0.5738	1486 kg	1510		1571 kg	47.12 kg
SH-6	1120	0.0046	5.1 kg	45.10		5.1 kg	153.00 gr
Aire	100	0.0600	6.0 %	6.0 %		6%	6%
TOTAL		1.0000	2153 kg			2153 kg	
					Agua adicionada	80 ml	

Fuente: Elaboración Propia

COMENTARIOS A LA PRUEBA N°3 DEL DISEÑO DE MEZCLA

El agua adicionada para esta tanda fue de solamente 80 ml, para que la mezcla alcance fluidez.

la reacción química de la anterior tanda no se repitió, no se notaron más las burbujas, pudimos hacer pruebas de asentamiento llegando a 9" de asentamiento como se observa en la figura 84.

procedimos a sacar probetas de 10cm x 15cm de esta tanda como se aprecia en la figura 85 para controlar su fraguado y resistencia a 1 día, al volver a las 24 horas desmoldamos las probetas y observamos el concreto no había terminado de fraguar

como se observa en la figura 85 y se desintegraba con facilidad a la presión de la mano.

- CONSIDERACIONES

La dosis aún fue muy alta y retrasó el tiempo de fraguado final, para la siguiente tanda reduciremos la dosis de 1.2 % a 0.9%, para ver cómo se comporta la mezcla.

Figura 88. Mezcla de tanda de prueba N°3, revenimiento y elaboración de probetas.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 89. Mezcla de tanda de prueba N°3, probetas sin alcanzar la fragua final a 24 hrs.



Fuente: Elaboración Propia

PRUEBA N° 4: DISEÑO DE MEZCLA F'C=280 Kg/cm²

- En la tabla N°27 se tiene el desarrollo del diseño de mezclas para la tanda de prueba y las proporciones para la realización de la tanda de prueba N°4 para diseño estándar de shotcrete F'c=280 kg/cm².

Tabla N° 27. Diseño de mezcla shotcrete tanda de prueba N°4

FECHA	16/09/2021	% Aditivo SH-6 plastificante	1.0 %				
TANDA	0.30 lt	% Absorción agregado	1.6 %				
CEMENTO	Yura 1P	% humedad agregada	3.72 %				
A/C	0.50	Modulo Fineza agregado	3.66				
Materiales	P.E. (kg/cm ³)	Volumen (m ³)	Diseño en seco 1 m ³	Diseño sss para 1 m ³	Corrección por humedad	Diseño corregido para 1 m ³	Diseño corregido para tanda
Cemento	2850	0.1491	425 kg	425		425 kg	12.75kg
Agua	1000	0.2125	236 lt	212	32	181 lt	5.43 lt
Arena	2631	0.5750	1489 kg	1513		1544 kg	46.30 kg
SH-6	1120	0.0034	3.83 kg	3.83		3.8 kg	127.50 gr
Aire	100	0.0600	6.0 %	6.0 %		6%	6%
TOTAL		1.0000	2153 kg			2153 kg	
					Agua adicionada	360 ml	

Fuente: Elaboración Propia

• COMENTARIOS A LA PRUEBA N°4 DEL DISEÑO DE MEZCLA

Elaboramos probetas para control de fraguado y resistencia a las 24 hrs, al volver al día siguiente se había completado el fraguado inicial debido a la disminución de la dosis, no se desintegraba al contacto.

Procedimos a romper las probetas preparadas en la máquina de compresión axial, arrojando los siguientes resultados expresados en la tabla N°28

Tabla N° 28. Probetas de control tanda de prueba N°4

Probeta	Carga fuerza Kgf	F'c Kg/cm2
N°1	326	14.9
N°2	355	16.8
N°3	410	20.4
N°4	396	18.7
N°5	396	18.6
N°6	352	16.6

Fuente: Elaboración Propia

El agua adicionada para esta tanda fue de solamente 360ml, para que la mezcla alcance fluidez y obtengamos un asentamiento entre 9" y 9.5".

Al romper las probetas de esta tanda de prueba se observó que en el núcleo de los testigos aún se encontraba húmedos y se desintegraron con la presión solamente de la mano.

- **CONSIDERACIONES**

Que los núcleos de las probetas que sometimos a compresión axial aún se encontraran húmedas y frágiles nos dio señales de que aún no habíamos llegado a la cantidad de dosis adecuada, se propuso bajar de 1.0% a 0.8 % para la siguiente tanda.

La reducción de aditivo en la mezcla , también reduce el grado de trabajabilidad de la misma , para conseguir el asentamiento deseado adicionamos agua lo que produce la subida de la relación A/C, se planteó para la siguiente tanda aumentar las proporciones de agua y cemento a la vez para mantener la relación A/C en 0.5 de esta manera conseguir con el incremento de agua compensar la pérdida de trabajabilidad generada por la reducción del % de aditivo y con el incremento de cemento en 25 kg más aumentar la resistencia obtenidas, como se observa en la Figura 90.

Figura 90. Probetas de control tanda de prueba N°4



Fuente: Elaboración Propia.

PRUEBA N° 5: DISEÑO DE MEZCLA F'C=280 Kg/cm²

- En la tabla N°29 se tiene el desarrollo del diseño de mezclas para la tanda de prueba y las proporciones para la realización de la tanda de prueba N°5 para diseño estándar de shotcrete F'c=280 kg/cm².

Tabla N° 29. Diseño de mezcla shotcrete tanda de prueba N°5.

FECHA	20/09/2021	% Aditivo SH-6 plastificante	0.8 %				
TANDA	0.30 lt	% Absorción agregado	1.6 %				
CEMENTO	Yura 1P	% humedad agregada	2.63 %				
A/C	0.50	Modulo Fineza agregado	3.66				
Materiales	P.E. (kg/cm³)	Volumen (m³)	Diseño en seco 1 m³	Diseño sss para 1 m³	Corrección por humedad	Diseño corregido para 1 m³	Diseño corregido para tanda
Cemento	2850	0.1579	450 kg	450		450 kg	13.50kg
Agua	1000	0.2250	248 Lt	225	15 Lt	210 Lt	6.31 Lt
Arena	2631	0.5539	1434 kg	1457		1472 kg	44.16 kg
SH-6	1120	0.0032	3.60 kg	3.60		3.6 kg	108.00 gr
Aire	100	0.0600	6.0 %	6.0 %		6%	6%
TOTAL		1.0000	2136 kg			2136 kg	
					Agua adicionada	20 ml	

Fuente: Elaboración Propia

• **COMENTARIOS A LA PRUEBA N°5 DEL DISEÑO DE MEZCLA**

El asentamiento que se obtuvo después del tiempo de mezclado fue de 9” pulgadas y solo se adiciona para esta tanda solamente 20 ml, manteniendo la relación A/C intacta en 0.5

Elaboramos 06 probetas para control de fraguado y resistencia a las 24 hrs, al volver a las 24 hrs, las probetas habían completado su fraguado final dando signos de dureza al tacto, sometimos a prueba de Compresión axial las probetas arrojando los siguientes resultados expresados en la tabla N°30.

Tabla N° 30. Probetas de control tanda de prueba N°4

Probeta	Carga fuerza Kgf	F'c Kg/cm ²
N°1	795	39.5
N°2	783	35.6
N°3	810	40.1
N°4	720	33.3
N°5	760	36.5
N°6	776	38.7

Fuente: Elaboración Propia

- CONSIDERACIONES

La dosis de aditivo utilizada en esta tanda N°5 no evidencia perjuicios contra la trabajabilidad y reacción química adversa a la calidad de la mezcla.

Consideramos que las proporciones de esta tanda de prueba N°5 servirán para la elaboración masiva de shotcrete y la proyección de la misma, en la Figura 91 se tiene las probetas de control tanda de prueba N° 05.

Figura 91. Rotura de probetas de control tanda de prueba N°5

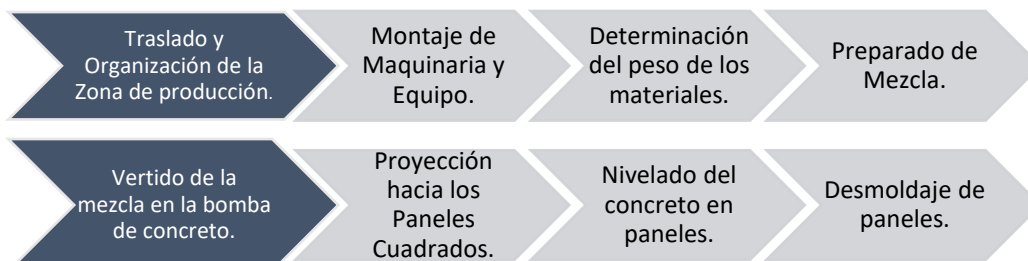


Fuente: Elaboración Propia

3.1.4 Descripción de Procedimiento de lanzado.

En la Figura 92 se tiene el proceso de proyección del concreto lanzado o shotcrete que contempla lo siguiente:

Figura 92. Diagrama de procedimiento de la zona de producción.



Fuente: Elaboración propia

1.-El traslado y organización de la zona de producción, se realizó teniendo en consideración la mejor disposición de los materiales para el preparado, como se observa en la Figura 93.

Figura 93. Organización de la zona de producción.



Fuente: Elaboración propia

2.-La disposición de la maquinaria y equipos, fueron colocados verificando pruebas y nivelados respectivos para su correcto funcionamiento, como se observa en la figura 94.

Figura 94. Disposición de maquinaria y equipo.



Fuente: Elaboración propia

3.-La determinación del peso de los materiales, se realizó de la siguiente manera, Arena gruesa, Agua, Aditivo Superplastificante SH-6, Cemento IP y HE según sea el caso, como se observa en la Figura 95 y figura 96.

Figura 95. Llenado de baldes con agregado fino y agua.



Fuente: Elaboración propia

Figura 96. Pesaje del cemento y del aditivo superplastificante.



Fuente: Elaboración propia

4.-Preparación de la mezcla se realizó de la siguiente manera.

Primero se colocó el 60% del agua en la mezcladora, luego el 100% del agregado fino, continuando con el 100 % del cemento, para luego colocar el 40% restante de agua, y finalmente el 100% del aditivo superplastificante.

Para el vertido del aditivo, se le añadió una cantidad de agua del diseño, para que éste haga efecto en la mezcla de concreto, como se observa en la Figura 97 y 98.

Figura 97. Vertido de los materiales hacia la mezcladora.



Fuente: Elaboración propia

Figura 98. Verificación de la mezcla del concreto.



Fuente: Elaboración propia

5.-Se continuó con el vaciado del concreto hacia la bomba TK 40 putzmeister, el cual se realizó de manera continua hacia la tolva de la bomba para concreto, como se observa en la Figura 99.

Figura 99. Vaciado de concreto hacia la tolva de la bomba TK-40.



Fuente: Elaboración propia

6.-Una vez que la tolva tuvo la suficiente cantidad de concreto se procedió para la proyección de 0.50m³, mediante la boquilla se pudo suministrar el concreto junto con el acelerante, hacia los paneles cuadrados que primero fueron cubiertos la parte interna con un desmoldante líquido, como se observa en la figura 100.

Figura 100. Proyección de la mezcla del concreto lanzado.



Fuente: Elaboración propia

7.-Después del llenado de los pañales con concreto se inicia el nivelado o enrasado de cada panel, el cual se hizo utilizando una regla metálica para darle un mejor nivelado, como se observa en la Figura 101.

Figura 101. Nivelado de la mezcla del concreto en cada panel.



Fuente: Elaboración propia

8.-Luego de las 24 horas se procedió a realizar el desmoldeo de las muestras de concreto, como se observa en la Figura 102.

Figura 102. Desencofrado de paneles proyectados.



Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Movilización y Organización del área de producción:

En el proceso de movilización y organización del área de producción contemplo varios aspectos, en primer lugar, el zarandeo y traslado del agregado fino, luego el traslado de cemento IP y HE, Aditivo Plastificante, Aditivo Acelerante, agua en tanques de almacenamiento de 1m³.

- DEL AGREGADO

Se procedió al zarandeo del material con una malla metálica N° 3/8” como se observa en la figura 103, de dimensiones 1m x 3m y su traslado respectivo a la zona de producción que se puede apreciar en la figura 104.

Figura 103. Construcción de la zaranda 3/8”, Zarandeo y Traslado del material a la zona de producción.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 104. Traslado del material a la zona de producción.



Fuente: Elaboración Propia

- DEL CEMENTO IP y HE.

Se realizó la adquisición de los cementos IP y HE, así como su traslado hasta la planta de concreto Conarena como se observa en la figura 105 y apilamiento en la zona de producción como se ve en la figura 106.

Figura 105. Adquisición traslado de los cementos IP y HE



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 106. Apilamiento de los cementos IP y HE.



Fuente: Elaboración Propia

- DEL ADITIVOS.

Se adquirió el aditivo superplastificante SH-6 de presentación de 60 kg. de la marca Ulmén como se muestra en la figura 107 y el Acelerante Sigunit L-60 AF plus, de presentación de 220 litros de la marca SIKA como se observa en la figura 108.

Figura 107. Adquisición y traslado del Aditivo superplastificante SH-6



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 108. Adquisición y traslado del Aditivo Acelerante Sigunit L60 AF plus.



Fuente: Elaboración Propia

- DEL AGUA

Se realizó el llenado de los tanques de agua de 1m³, como se puede ver en la figura 109, así como el traslado de los mismos a la zona de producción.

Figura 109. Llenado y traslado de tanques de 1m³ de agua.



Fuente: Elaboración Propia.

3.1.6 Producción y Proyección de shotcrete

Para programar la producción y lanzamiento de shotcrete se habilitó todos los equipos y maquinaria necesaria, se realizó un check list un día antes para comprobar el correcto funcionamiento de estas.

Así mismo se ajustó el diseño de mezclas para una producción masiva, eligiendo el volumen de la tanda a preparar de acuerdo a la capacidad de los equipos, para completar esta fase también se prepararon los paneles cuadrados a utilizar.

3.1.6.1 Maquinaria

La maquinaria utilizada para la proyección de shotcrete o concreto lanzado mediante vía húmeda contempla los siguientes, una mezcladora de concreto de 11pie³, una compresora de aire, una bomba de proyección de concreto, un dosificador de aditivo, mangueras y boquillas, la disposición de esta maquinaria se observa en la figura 110.

Figura 110. Equipos utilizados para el lanzamiento de concreto.



Fuente: Elaboración Propia

- MEZCLADORA DE CONCRETO

Para la producción de concreto se utilizó una mezcladora de 11pi³ como se ve en la figura 111 para lograr un mayor volumen de concreto.

Figura 111. Mezcladora de concreto de 11 pie³.



Fuente: Elaboración Propia

- COMPRESORA DE AIRE.

Se utilizó una compresora de aire CompAir DLT1302 (Diesel) de 11.3 m³/min., con su respectiva manguera de 1", como se puede ver en la figura 112, la presión que se utilizó fue de 4.5 bar.

Figura 112. Compresora de aire CompAir.



Fuente: Elaboración Propia

- BOMBA DE PROYECCIÓN DE CONCRETO.

Se utilizó la bomba de desplazamiento positivo de 02 pistones propulsados hidráulicamente modelo TK-40 de la marca PUTZMEISTER; como se aprecia en la figura 113, así mismo la bomba tiene un dosificador de aditivo el cual fue utilizado.

Figura 113. Bomba de proyección de concreto TK-40 Putzmeister.



Fuente: Elaboración propia.

- BOQUILLAS.

Se utilizó una boquilla marca de Grove con una entrada para manguera de 2" con dos tomas independientes para aire y el acelerante de 1/2" con llaves independientes respectivamente como se puede apreciar en la figura 114.

Figura 114. Boquilla para manguera de 2".



Fuente: Elaboración propia.

3.1.7 Elaboración de Especímenes de concreto lanzado.

Este proceso, consistió en el llenado correcto de las bateas (4 etapas) con la mezcla de shotcrete disparadas a alta velocidad siguiendo las consideraciones explicadas en el ítem 2.12 tanto para diseño con tipo IP y con tipo HE de la investigación como se muestra en la figura 115 el momento exacto del llenado de bateas.

Figura 115. Llenado de bateas para elaboración de paneles.



Fuente: Elaboración propia.

Luego se procedió al traslado de los especímenes como de muestra en la figura 116 para darle un acabado superficial para continuar con el control de desarrollo de la resistencia con el penetrómetro Pocket y terminar con la preparación para su curado respectivo, estos pasos en la elaboración se repitieron tanto para los paneles diseñados con cemento IP y con los diseñados con cemento HE.

Figura 116. Llenado de bateas para elaboración de paneles.



Fuente: Elaboración propia

3.1.8 Análisis del ensayo de Penetrómetro pocket para Concreto.

3.1.8.1 Descripción

La determinación de resistencia temprana del concreto lanzado o shotcrete es medida por el Penetrómetro para concreto del tipo reacción de resorte (Penetrómetro de bolsillo para Concreto— H-4134), liviano para la evaluación del fraguado inicial del concreto basado en ASTM C403⁴⁴.

El émbolo de penetración tiene un área de $1/20 \text{ pulg}^2$, como podemos apreciar en la figura 117.

3.1.8.2 Equipos

Entre los equipos que se utilizan para obtener las resistencias iniciales del shotcrete o concreto lanzado se encuentra el Penetrómetro para concreto del tipo reacción de resorte.

Figura 117. Penetrómetro de bolsillo para Concreto— H-4134



Fuente: Elaboración propia

3.1.8.3 Procedimiento

El émbolo de penetración es firmemente empujado hacia el concreto, a intervalos de tiempo periódicos de 30 minutos. El rango calibrado del penetrómetro es de 0-700 psi. La resistencia en psi está indicada en la escala. El término “comienzo de fraguado” es la condición semi endurecida y parcialmente hidratada del concreto.

Una vez vaciado el shotcrete o concreto lanzado $F'C=280 \text{ kg/cm}^2$ en los paneles cuadrados, se lleva la superficie de apoyo de la aguja de un área igual a $1/20 \text{ pulg}^2$, en contacto con la superficie del panel del concreto, como se muestra en la figura 118 (capa de no menos de 100 mm de espesor de concreto).

⁴⁴ ASTM C403 (American Society for Testing and Materials) “método de ensayo para determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por su resistencia a la penetración”

Figura 118. ensayo con penetrómetro pocket en panel cuadrado de shotcrete



Fuente: Elaboración propia.

Se repite el ensayo lo más rápido posible con un mínimo de 10 lecturas. Se debe registrar el tiempo de inicio y término del ensayo como figura 119.

Figura 119. ensayo con penetrómetro pocket en panel cuadrado de shotcrete cada 30 minutos, cemento tipo IP



Fuente: Elaboración propia.

Figura 120. ensayo con penetrómetro pocket en panel cuadrado de shotcrete cada 30 minutos, cemento tipo HE



Fuente: Elaboración propia.

3.1.9 Análisis de la resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos de concreto lanzado.

3.1.9.1 Descripción

Para determinar la resistencia a compresión del shotcrete se realiza la extracción de núcleos cilíndricos de concreto siguiendo la norma ASTM C42/42M-16⁴⁵.

3.1.9.2 Equipos

Entre los equipos que se utilizan para obtener núcleos de concreto se encuentra una máquina de perforación (Taladro con diamante DD 200 G0DD 200 120V BL) provista de brocas diamantadas (DD-BL wet Diamond core bit de 2 ½”) como se aprecia en la figura 121, y una máquina digital de compresión universal para ensayos de concreto.

Figura 121. Máquina digital de compresión universal PC42 y Taladro con diamante DD 200 G0DD 200 120V BL



Fuente: Elaboración propia

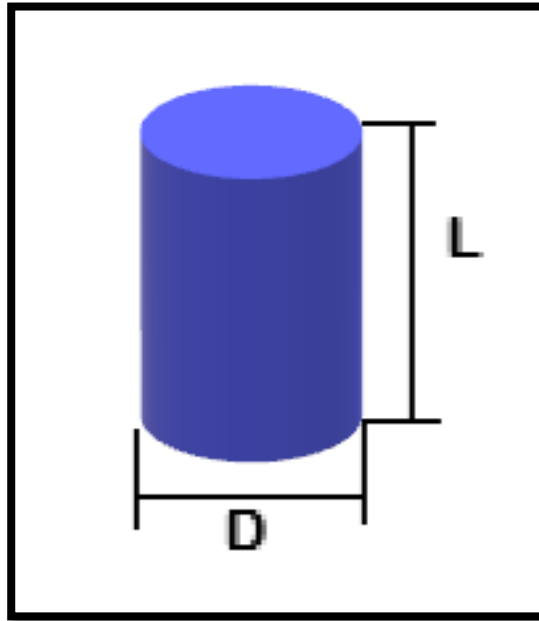
3.1.9.3 procedimiento.

Los testigos se extrajeron de paneles proyectados que hayan sido curados por 01 días, 03 días y 07 días; una vez montado el equipo de extracción con una broca diamantina de 2” de diámetro se procede a extraer los núcleos cilíndricos de concreto de 2”x4” como se aprecia en la figura 122, posterior a ello se realiza el

⁴⁵ ASTM C42/42M-16 Método de ensayo. Obtención y ensayo de núcleos perforados y vigas aserradas de concreto.

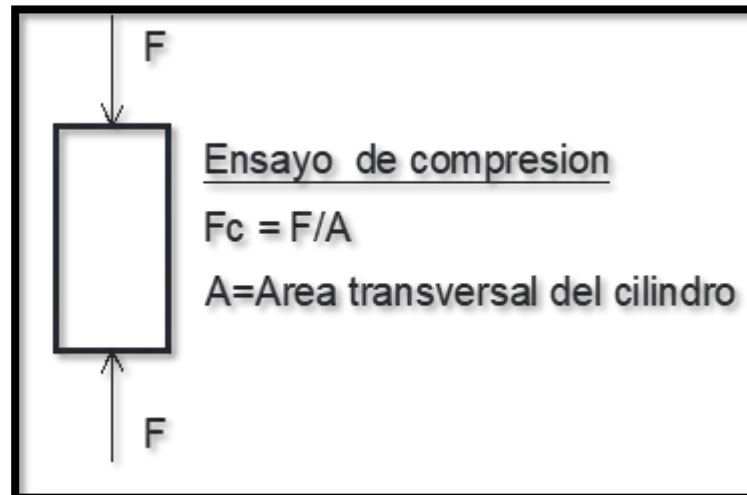
aserrado de las probetas con el objeto de que la relación L/D como la figura 122 y se encuentre entre los parámetros establecidos.

Figura 122. Dimensiones de un núcleo de cilindro de concreto



Fuente: Elaboración propia

Figura 123. Esquema de aplicación de la carga en el ensayo de compresión



Fuente: Elaboración propia

Se realiza la codificación de los testigos extraídos como se muestran en la figura 125, realizamos la toma de datos como diámetro, altura de probeta, tipo de diseño y cemento aplicado, y luego la toma de datos de la carga máxima a la cual fue sometida (resistencia a la compresión) como se ve en la figura 128.

Figura 124. Extracción de núcleos de concreto lanzado con diamantina



Fuente: Elaboración propia

Figura 125. Codificación de Paneles cuadrados



Fuente: Elaboración propia.

Figura 126. Codificado de probetas cilíndricas



Fuente: Elaboración propia

Figura 127. testigos cilíndricos y colocación en la máquina de compresión digital.



Fuente: Elaboración propia

Figura 128. Aplicación de la carga de compresión.



Fuente: Elaboración propia

Figura 129. Testigos cilíndricos ensayados IP y HE.



Fuente: Elaboración propia

Figura 130. Detalle de rotura de briquetas.

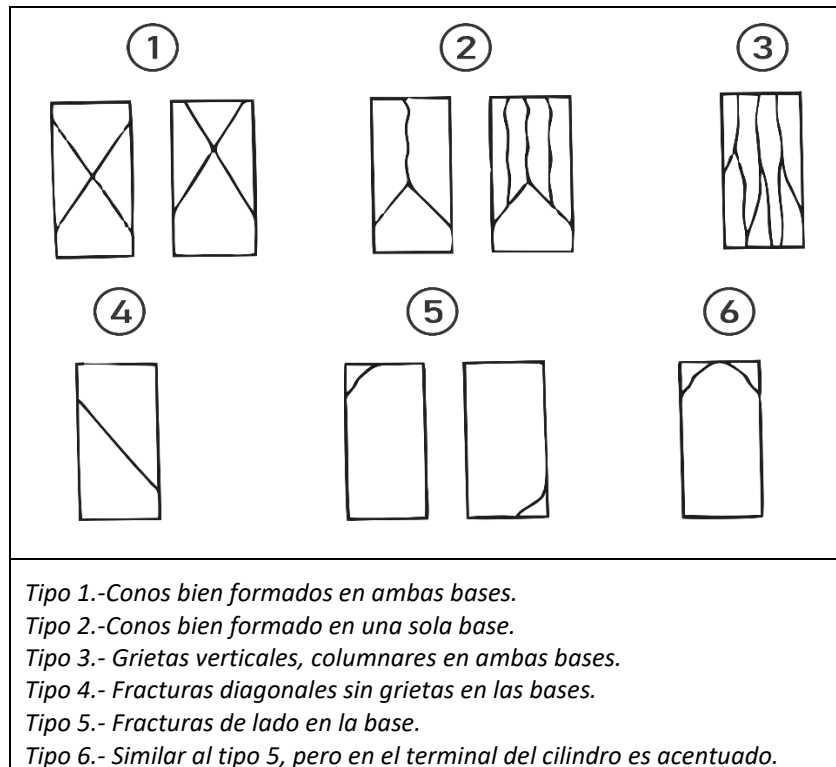


Fuente: Elaboración propia

3.1.9.4 Mecanismo de falla.

Los Testigos cilíndricos de shotcrete sometidos al ensayo de compresión, fallan de distinta forma podemos ver en la figura 131 varios tipos, se pueden obtener fallas en forma cónica, fallas verticales encolumnadas, fallas cónicas combinadas con fallas verticales encolumnadas, fallas diagonales, entre otros. Las fallas de las probetas fueron de tipo 2, 3, 5 y 6, falla de cono razonablemente sobre una base, columnar en ambas bases, fractura de lado de las bases y terminal cilíndrico acentuado respectivamente.

Figura 131. Tipos de fractura.



Fuente: NTP 339.034

3.2 Recolección de Datos.

3.2.1 Resultados de ensayos a materiales constituyentes.

3.2.1.1 Cemento.

3.2.1.1.1 Ensayo determinación del fraguado del cemento hidráulico usando la aguja de VICAT.

RESULTADOS. -

- CEMENTO YURA IP

Tabla N° 31. Datos para ensayo de tiempo de fraguado (Vicat) para Yura IP

TIEMPO DE FRAGUADO YURA IP	
% de Agua a utilizar	25%
Peso de cemento	650 gr.
Volumen de agua	$650 \times (25/100) = 162 \text{ ml}$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 32. Registro de lecturas Tiempo -Penetración (Vicat) Yura IP

Lectura	TIEMPO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIONES
1	30	50	no ofrece ninguna resistencia
2	45	50	no ofrece ninguna resistencia
3	60	50	no ofrece ninguna resistencia
4	75	48	
5	90	45	
6	105	41	
7	120	41	
8	135	38	
3	150	35	
10	165	28	
11	180	28	
12	195	25	fraguado inicial
13	210	25	
14	225	22	
15	240	21	
16	255	20	

Lectura	TIEMPO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIONES
17	270	20	
18	285	18	
19	300	15	
20	315	10	
21	330	5	
22	345	2	
23	360	0	fraguado final (sin marcas visibles)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 33. Resultados aguja de Vicat Yura IP

RESULTADOS TIEMPO DE FRAGUADO YURA IP	
FRAGUADO VICAT INICIAL	195 minutos
FRAGUADO VICAT FINAL	360 minutos

Fuente: Elaboración propia.

- CEMENTO YURA HE

Tabla N° 34. Datos para ensayo de tiempo de fraguado (Vicat) para Yura HE

TIEMPO DE FRAGUADO YURA HE	
% de Agua a utilizar	25%
Peso de cemento	650 gr.
Volumen de agua	$650 \times (25/100) = 162 \text{ ml}$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 35. Registro de lecturas Tiempo -Penetración (Vicat) Yura HE

Lectura	TIEMPO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIONES
1	30	50	no ofrece ninguna resistencia
2	45	48	no ofrece ninguna resistencia
3	60	44	no ofrece ninguna resistencia
4	75	40	
Lectura	TIEMPO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIONES
5	90	37	
6	105	35	
7	120	30	
8	135	28	
3	150	25	fraguado inicial
10	165	25	
11	180	23	
12	195	18	
13	210	15	
14	225	12	
15	240	10	
16	255	8	
17	270	5	
18	285	3	
19	300	0	fraguado final (sin marcas visibles)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 36. Resultados aguja de Vicat Yura HE

TIEMPO DE FRAGUADO YURA HE	
FRAGUADO VICAT INICIAL	150 minutos
FRAGUADO VICAT FINAL	300 minutos

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.2 Agregados.

3.2.1.2.1 Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 por lavado

RESULTADOS. -

Los cálculos que se realizamos para obtener los resultados fueron los siguientes:

A= % del material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado

B= peso seco de la muestra original (gr)

C= peso seco de la muestra después del lavado(gr)

$$\bullet A = \frac{B-C}{B} \times 100 \text{ (gr.)}$$

Tabla N° 37. Resultados del ensayo de Lavado por malla N°200

Malla # 200		
	Ensayo 1	Ensayo 2
Agregado seco	1020 gr	1030 gr
Agregado lavado seco	975 gr	982 gr
% finos	4.41 %	4.66 %
% finos promedio	4.54 %	

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.2.2 Granulometría.

RESULTADOS. –

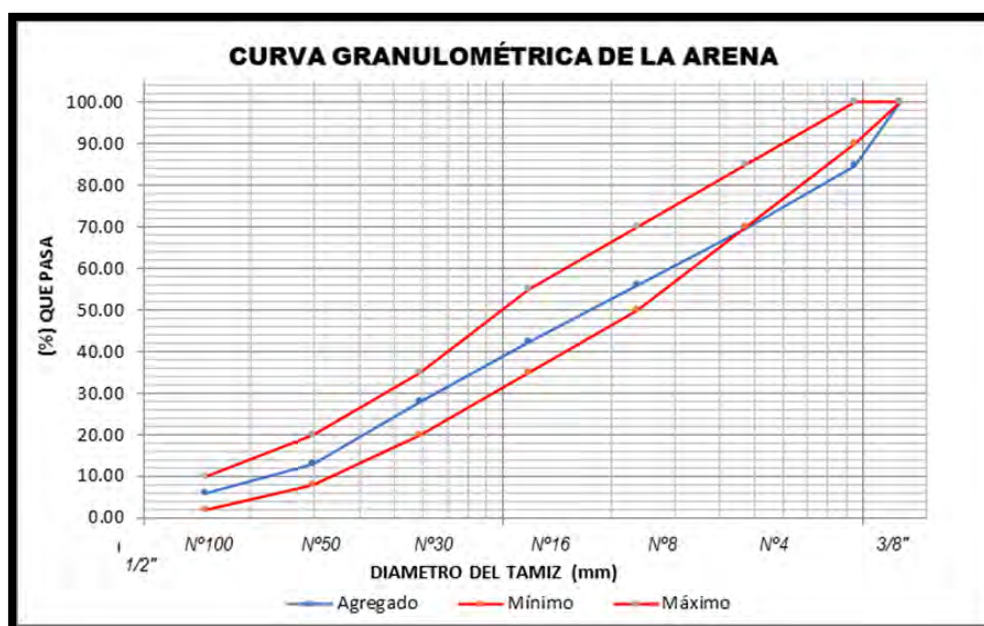
Se obtuvo un resultado preliminar que se denominó granulometría N° 01 cuya curva granulométrica la observamos en la Figura 132.

Tabla N° 38. Granulometría N° 01 de agregado fino.

GRANULOMETRÍA N° 01						HUSO: SHOTCRETE G2	
TAMIZ	DIÁMETRO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) QUE PASA	MÍN.	MÁX.
½"	12.700	0	0.00	0.00	100	100	100
3/8"	9.525	200	15.17	15.17	100	90	100
N°4	4.750	198	15.02	30.20	83.16	70	85
N°8	2.360	181	13.73	43.93	67.77	50	70
N°16	1.180	180	13.66	57.59	54.93	35	55
N°30	0.590	190	14.42	72.00	38.78	20	35
N°50	0.297	200	15.17	87.18	16.24	8	20
N°100	0.149	90	6.83	94.01	6.72	2	10
FONDO	0.000	79	5.99	100.0	0.00		

Fuente: Elaboración Propia

Figura 132. Curva granulométrica N°01 para agregado.



Fuente: Elaboración Propia

En este primer ensayo granulométrico se pudo observar que se cumplían con los límites máximos y mínimos de la gradación G2 sugerida por ACI -506, sin embargo, la curva obtenida entre los tamices N°4 y $\frac{3}{8}$ " no se acomoda correctamente, por lo que decidimos zarandear todo el material como muestra la figura 133 por la malla $\frac{3}{8}$ " para lograr que el porcentaje (%) que pasa por este tamiz sea el 100%.

Figura 133. Tamizado de material por malla de $\frac{3}{8}$ "



Fuente: Elaboración Propia

Figura 134. Preparación de muestra tamizada por malla de $\frac{3}{8}$ "



Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un ensayo Granulométrico N° 02 para cumplir con la gradación N°2 con los límites que propone la ACI 506 -G2.

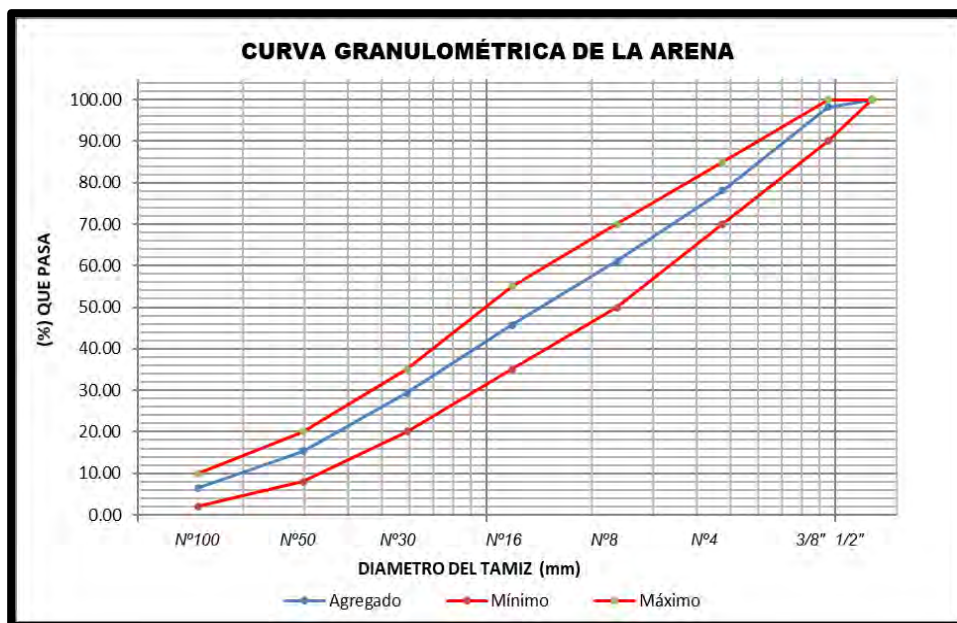
Esta muestra fue zarandeada previamente del ensayo por malla de $\frac{3}{8}$ " para conseguir acomodar la curva granulométrica de mejor manera y también mejorar la trabajabilidad para diseño del concreto lanzado y el bombeo del shotcrete en el momento de la aplicación, su curva granulométrica se ve en la figura 135.

Tabla N° 39. Granulometría N°02 de agregado fino

GRANULOMETRÍA N°02						HUSO: SHOTCRETE G2	
TAMIZ	DIÁMETRO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) QUE PASA	MÍN.	MÁX.
½"	12.700	0	0.00	0.00	100.0	100	100
3/8"	9.525	20	1.75	1.75	98.25	90	100
N°4	4.750	230	20.48	21.87	78.13	70	85
N°8	2.360	195	17.36	38.93	61.07	50	70
N°16	1.180	175	15.58	54.24	45.76	35	55
N°30	0.590	188	16.74	70.69	29.31	20	35
N°50	0.297	160	14.25	84.69	15.31	8	20
N°100	0.149	100	8.90	93.44	6.56	2	10
FONDO	0.000	75	6.68	100.00	0.00		

Fuente: Elaboración Propia

Figura 135. Curva granulométrica del agregado N°02



Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.2.3 *Peso Específico y Absorción*

RESULTADOS. -

Los cálculos que se realizamos para obtener los resultados fueron los siguientes:

A= peso al aire de la muestra desecada (gr)

B= peso del matraz aforado lleno de agua (gr)

C= peso total del matraz aforado con muestra y lleno de agua (gr)

S= peso de muestra saturada con superficie seca

- Peso específico aparente (PEa):

$$PEa = \frac{A}{B+S-C}$$

- Peso específico de masa saturado con superficie seca (PEsss):

$$PEsss = \frac{S}{B+S-C} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

- Peso Específico masa (PEm)

$$PEm = \frac{A}{B+A-C} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

- Absorción (Abs)

$$Abs = \frac{S-A}{A} * 100 \text{ (\%)}$$

Tabla N° 40. Resultados de peso específico y absorción.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN	
P muestra s.s. s	500 gr
Peso matraz + agua	652 gr
Peso fiola + Psss + agua	952 gr
Volumen sss	187 cm ³
P muestra seca	492 gr
PE m	2.631 gr/cm ³
PE sss	2.674 gr/cm ³
Absorción	1.60 %

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.2.4 Contenido de humedad

RESULTADOS. -

Los resultados de los ensayos de contenido de humedad tienen que ser repetidos diariamente antes de realizar diseños de mezcla o producción de concreto lanzado y solo tendrán vigencias por corto tiempo debido a que la humedad superficial del agregado varía de acuerdo a las condiciones climáticas y de almacenamiento.

El resultado del contenido de humedad presentado a continuación sólo tendrá vigencia para la fecha del día de su realización.

Tabla N° 41. Resultados de contenido de agua fecha 13-09-2021.

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Fecha	13/09/2021
Muestra húmeda	1852 gr
Muestra Seca	1794 gr
Contenido de Humedad	3.23 %
Factor de Humedad	1.61 %

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2 Diseños finales para mezcla de Shotcrete $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

Tabla N° 42. Diseño de mezcla shotcrete con cemento IP

FECHA	09/12/2021	% Aditivo	0.8 %			
TANDA	1 m3	% Absorción	1.6 %			
CEMENTO	Yura 1P	% humedad	5.41 %			
A/C	0.50	M.F.	3.66			
Material	P.E. (kg/cm3)	Volumen (m3)	Diseño en seco 1 m3	Diseño sss para 1 m3	Corrección humedad	Diseño corregido 1 m3
Cemento	2850	0.1579	450 kg	425		450 kg
Agua	1000	0.2250	248 lt	225.0	55 Lt	170 lt
Arena	2631	0.5539	1434 kg	1457		1512 kg
SH-6	1120	0.0032	3.60 kg	3.60		3.6 kg
Aire	100	0.0600	6.0 %	6.0 %		6%
TOTAL		1.0000	2136 kg			2136 kg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 43. Diseño de mezcla shotcrete con cemento HE

FECHA	10/12/2021	% Aditivo	0.8 %			
TANDA	1 m3	% Absorción	1.6 %			
CEMENTO	Yura HE	% humedad	5.12 %			
A/C	0.50	M.F.	3.66			
Material	P.E. (kg/cm3)	Volumen (m3)	Diseño en seco 1 m3	Diseño sss para 1 m3	Corrección humedad	Diseño corregido 1 m3
Cemento	2930	0.1536	450 kg	450		450 kg
Agua	1000	0.2250	24 lt	225	51 Lt	174 lt
Arena	2631	0.5582	1446 kg	1469		1520 kg
SH-6	1120	0.0032	3.60 kg	3.60		3.6 kg
Aire	100	0.0600	6.0 %	6.0 %		6%
TOTAL		1.0000	2147 kg			2147 kg

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3 Resultados de ensayos de shotcrete en estado fresco.

En el presente capítulo se detallarán los resultados obtenidos de los distintos ensayos correspondientes a la Trabajabilidad del concreto en estado fresco, desarrollo de resistencias iniciales antes de las 24 horas y resistencias iniciales (a edades tempranas) 01 día, 03 días y 07 días.

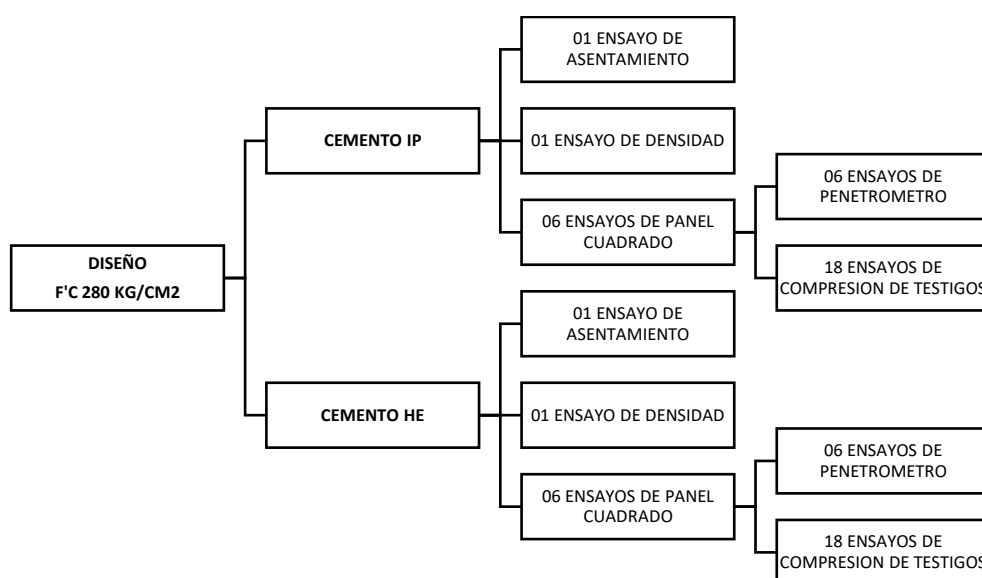
Al interpretar estos resultados de manera adecuada, nos permitió determinar cuál de los cementantes tiene mejor desempeño en el desarrollo de resistencias iniciales en el diseño de concreto lanzado o shotcrete $F'C = 280 \text{ Kg/cm}^2$, mediante los ensayos de Penetrómetro de bolsillo para Concreto y la resistencia a compresión del concreto mediante el muestreo, extracción y rotura de testigos de shotcrete.

Los ensayos se realizaron según la normativa, los cuales nos proporcionan los procedimientos necesarios para desarrollar de manera exitosa cada ensayo.

Esquema de ensayos.

Se realizaron ensayos para el diseño $F'c=280 \text{ kg/cm}^2$, tanto para el cemento tipo IP y el cemento tipo HE, se extrajeron 36 testigos con diamantina ASTM C42⁴⁶, se proyectaron 12 paneles cuadrados ASTM C1140-98⁴⁷, también se midió el asentamiento y la densidad del concreto fresco como se observa en el esquema de la figura 136.

Figura 136. Esquema de ensayos realizados.



Fuente: Elaboración propia

⁴⁶ ASTM C42 (American Society of Testing Materials) Método de ensayo. Obtención y ensayo de núcleos perforados y vigas aserradas de concreto

⁴⁷ ASTM C1140-98 (American Society of Testing Materials) “Práctica Estándar para Preparación y Prueba de Especímenes para Paneles de Pruebas de Shotcrete”

3.2.3.1 Ensayo para la determinación de asentamiento de concreto fresco.

RESULTADOS. -

En el cuadro se muestran la medición de 02 asentamientos y su promedio para cada diseño.

Tabla N° 44. Resultados de asentamientos (slump)

DISEÑO	CÓDIGO DE MEZCLAS	ASENTAMIENTO 1ERA MEDICIÓN pulgadas	ASENTAMIENTO 2DA MEDICIÓN pulgadas	ASENTAMIENTO PROMEDIO pulgadas
CONCRETO LANZADO F'C=280 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP	IP280-SH-G2B	9.5"	9"	9.25"
CONCRETO LANZADO F'C=280 KG/CM2 CEMENTO TIPO HE	HE280-SH-G2B	9.5"	10"	9.75"

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3.2 Temperatura de la mezcla.

RESULTADOS. -

En el cuadro se muestran la medición de la temperatura para cada diseño de mezcla.

Tabla N° 45. Resultados de Temperatura en la mezcla.

DISEÑO	CÓDIGO DE MEZCLAS	TEMPERATURA REGISTRADA C°
CONCRETO LANZADO F'C=280 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP	IP280-SH-G2B	22.5°C
CONCRETO LANZADO F'C=280 KG/CM2 CEMENTO TIPO HE	HE280-SH-G2B	26.3°C

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3.3 Rendimiento y contenido de Aire.

RESULTADOS. –

Tabla N° 46. Resultado de Peso unitario y contenido de Aire

Contenido de aire	6%
Peso Olla Washington	3.17 kg
Volumen Olla Washington	0.00702300 m ³
Tara + concreto fresco	18.49 kg
Neto concreto	15.32 kg
P.U. (kg/cm ³	2182

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4 Resultados de Resistencia inicial a la compresión.

3.2.4.1 Resultado de Ensayo de Penetrómetro Pocket para concreto.

Los resultados se obtienen de los paneles cuadrados proyectados, donde se utiliza para medir la fuerza requerida para empujar la aguja, para que penetre en el concreto proyectado hasta una profundidad de $15 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$. El penetrómetro indica la fuerza realizada, por compresión de un “resorte” calibrado, los resultados obtenidos se aprecian en las siguientes tablas y figuras

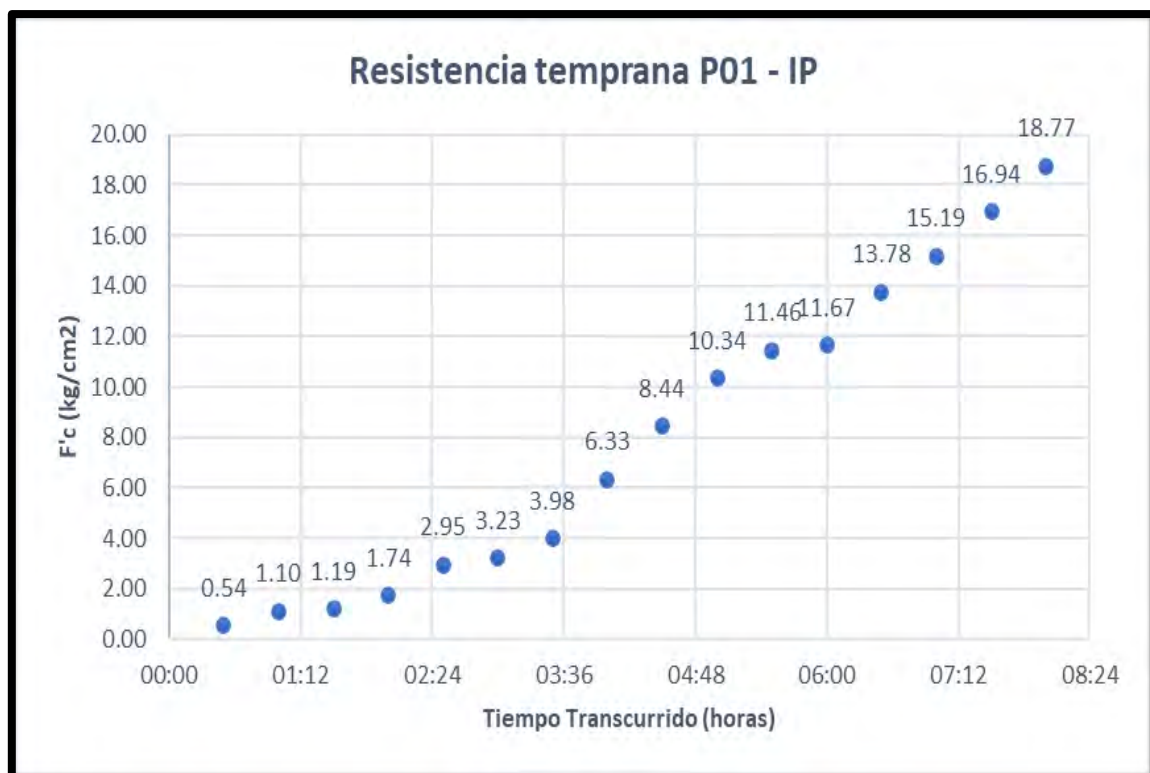
Tabla N° 47. Ensayos con penetrómetro panel P01 - cemento tipo IP

ENSAYO PENETRÓMETRO EN PANEL P01								
Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en (psi)	F'c (kg/cm ²)
12:00 pm	00:30 hrs	7	9	8	8	7	7.70	0.54
		9	7	8	7	7		
12:30 pm	01:00 hrs	14	16	16	14	16	15.70	1.10
		16	15	18	16	16		
13:00 pm	01:30 hrs	19	18	18	14	14	16.90	1.19
		18	20	16	18	14		
13:30 pm	02:00 hrs	28	24	26	20	26	24.80	1.74
		24	26	22	24	28		
14:00 pm	02:30 hrs	40	40	50	40	40	42.00	2.95
		30	50	40	50	40		
14:30 pm	03:00 hrs	48	46	46	44	46	46.00	3.23
		50	44	44	48	44		
15:00 pm	03:30 hrs	58	56	56	58	56	56.60	3.98
		54	58	56	58	56		
15:30 pm	04:00 hrs	60	80	80	70	80	90.00	6.33
		80	90	140	130	90		
16:00 pm	04:30 hrs	80	90	150	120	140	120.00	8.44
		130	120	130	130	110		
16:30 pm	05:00 hrs	150	140	160	140	160	147.00	10.34
		120	140	150	150	160		
17:00 pm	05:30 hrs	180	100	200	160	200	163.00	11.46
		140	140	130	180	200		
17:30 pm	06:00 hrs	160	170	180	150	160	166.00	11.67
		170	160	180	180	150		

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en (psi)	F'c (kg/cm ²)
18:00 pm	06:30 hrs	160	170	200	200	230	196.00	13.78
		200	210	190	210	190		
18:30 pm	07:00 hrs	180	190	220	210	250	216.00	15.19
		210	230	220	230	220		
19:00 pm	07:30 hrs	270	300	280	220	220	241.00	16.94
		230	240	220	230	200		
19:30 pm	08:00 hrs	290	330	300	250	240	267.00	18.77
		260	260	250	250	240		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 137. Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P01-IP



Fuente: Elaboración propia.

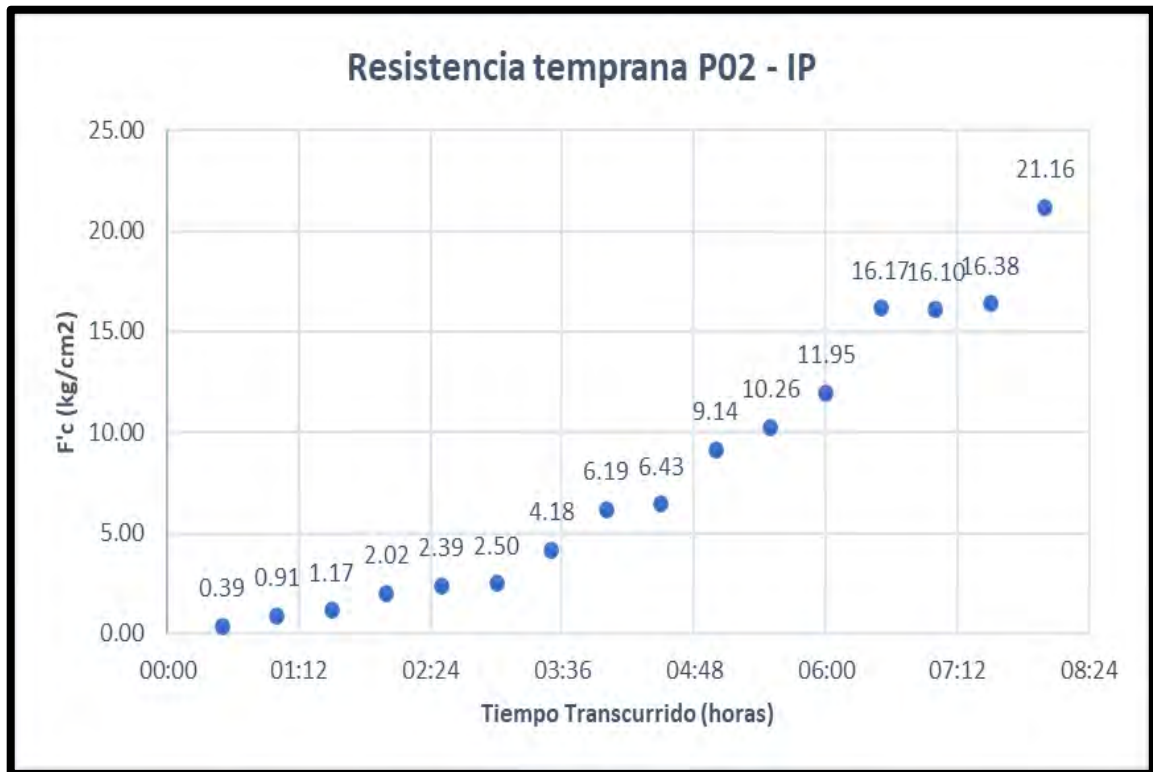
Tabla N° 48. Ensayos con penetrómetro panel P02 - cemento tipo IP.

ENSAYO PENETROMETRO EN PANEL P02								
Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
12:00 pm	00:30 hrs	4	6	5	5	4	5.50	0.39
		5	8	6	7	5		
12:30 pm	01:00 hrs	10	12	12	14	16	13.00	0.91
		12	14	14	16	10		
13:00 pm	01:30 hrs	16	18	18	18	16	16.60	1.17
		18	16	14	16	16		
13:30 pm	02:00 hrs	24	26	28	28	30	28.80	2.02
		38	30	28	26	30		
14:00 pm	02:30 hrs	60	20	20	40	20	34.00	2.39
		20	50	50	40	20		
14:30 pm	03:00 hrs	30	30	40	30	40	35.50	2.50
		40	40	30	45	30		
15:00 pm	03:30 hrs	50	60	60	65	70	59.50	4.18
		65	65	60	50	50		
15:30 pm	04:00 hrs	70	50	70	110	50	88.00	6.19
		100	140	120	90	80		
16:00 pm	04:30 hrs	80	80	85	90	90	91.50	6.43
		100	90	110	100	90		
16:30 pm	05:00 hrs	110	120	130	130	120	130.00	9.14
		140	150	140	130	130		
17:00 pm	05:30 hrs	140	160	150	120	150	146.00	10.26
		200	140	120	140	140		
17:30 pm	06:00 hrs	160	170	170	160	180	170.00	11.95
		170	170	180	160	180		
18:00 pm	06:30 hrs	280	260	180	220	220	230.00	16.17
		230	240	210	180	200		
18:30 pm	07:00 hrs	230	240	230	260	220	229.00	16.10
		210	220	220	250	210		
19:00 pm	07:30 hrs	300	280	250	200	210	233.00	16.38
		230	210	220	230	200		

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm2)
19:30 pm	08:00 hrs	280	300	260	290	300	301.00	21.16
		320	330	330	340	260		

Fuente: Elaboración propia

Figura 138. Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P02-IP



Fuente: Elaboración propia

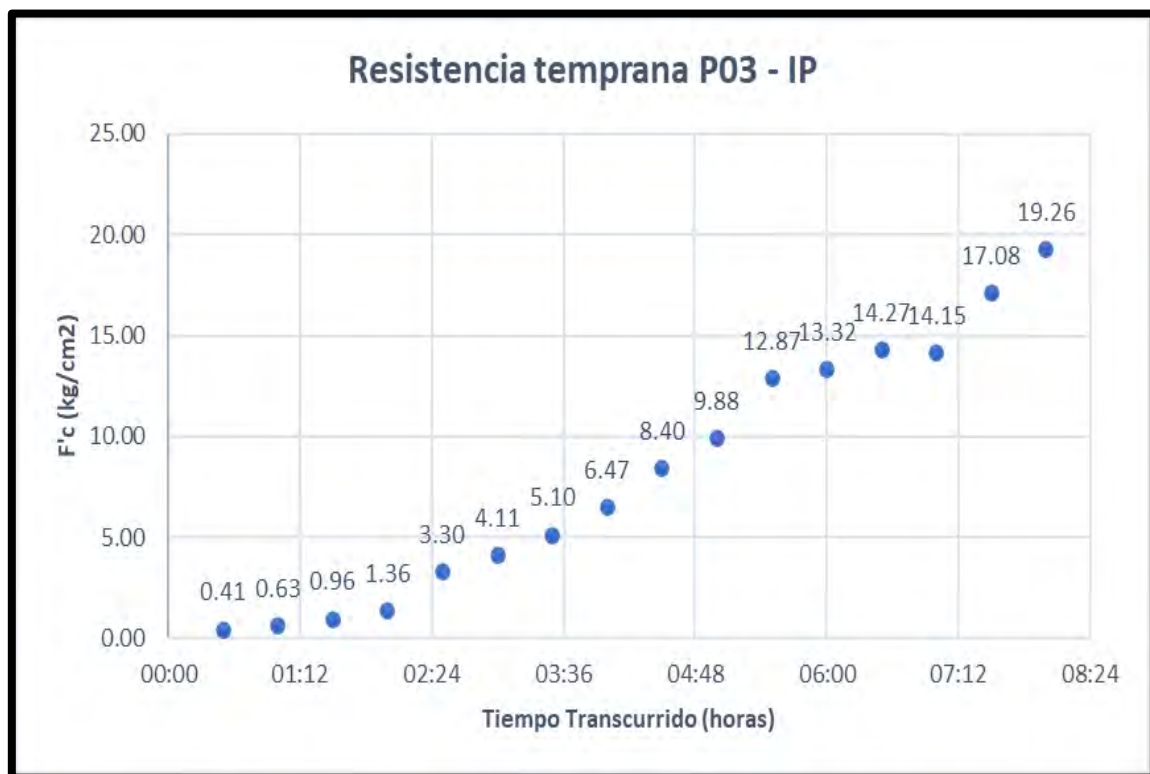
Tabla N° 49. Ensayos con penetrómetro panel P03 - cemento tipo IP.

ENSAYO PENETROMETRO EN PANEL P03								
Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
12:00 pm	00:30 hrs	7	7	5	5	6	5.90	0.41
		5	6	6	7	5		
12:30 pm	01:00 hrs	9	9	10	10	8	9.00	0.63
		9	8	8	10	9		
13:00 pm	01:30 hrs	12	14	14	15	15	13.70	0.96
		14	14	12	12	15		
13:30 pm	02:00 hrs	18	18	20	20	18	19.40	1.36
		16	22	24	20	18		
14:00 pm	02:30 hrs	40	40	80	50	40	47.00	3.30
		20	70	40	50	40		
14:30 pm	03:00 hrs	55	55	60	60	60	58.50	4.11
		70	65	60	60	40		
15:00 pm	03:30 hrs	70	70	80	75	75	72.50	5.10
		65	65	70	75	80		
15:30 pm	04:00 hrs	60	80	90	100	100	92.00	6.47
		100	100	100	100	90		
16:00 pm	04:30 hrs	110	120	120	130	120	119.50	8.40
		130	130	125	110	100		
16:30 pm	05:00 hrs	130	140	140	150	135	140.50	9.88
		140	140	150	140	140		
17:00 pm	05:30 hrs	220	160	180	170	120	183.00	12.87
		150	180	260	230	160		
17:30 pm	06:00 hrs	190	180	180	190	180	189.50	13.32
		210	200	190	190	185		
18:00 pm	06:30 hrs	180	200	210	210	210	203.00	14.27
		200	200	210	200	210		
18:30 pm	07:00 hrs	220	230	230	220	230	201.20	14.15
		210	240	210	220	210		
19:00 pm	07:30 hrs	320	220	280	250	220	243.00	17.08
		230	210	220	230	250		

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
19:30 pm	08:00 hrs	330	240	250	250	260	274.00	19.26
		340	260	270	250	290		

Fuente: Elaboración propia

Figura 139. Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P03-IP



Fuente: Elaboración propia

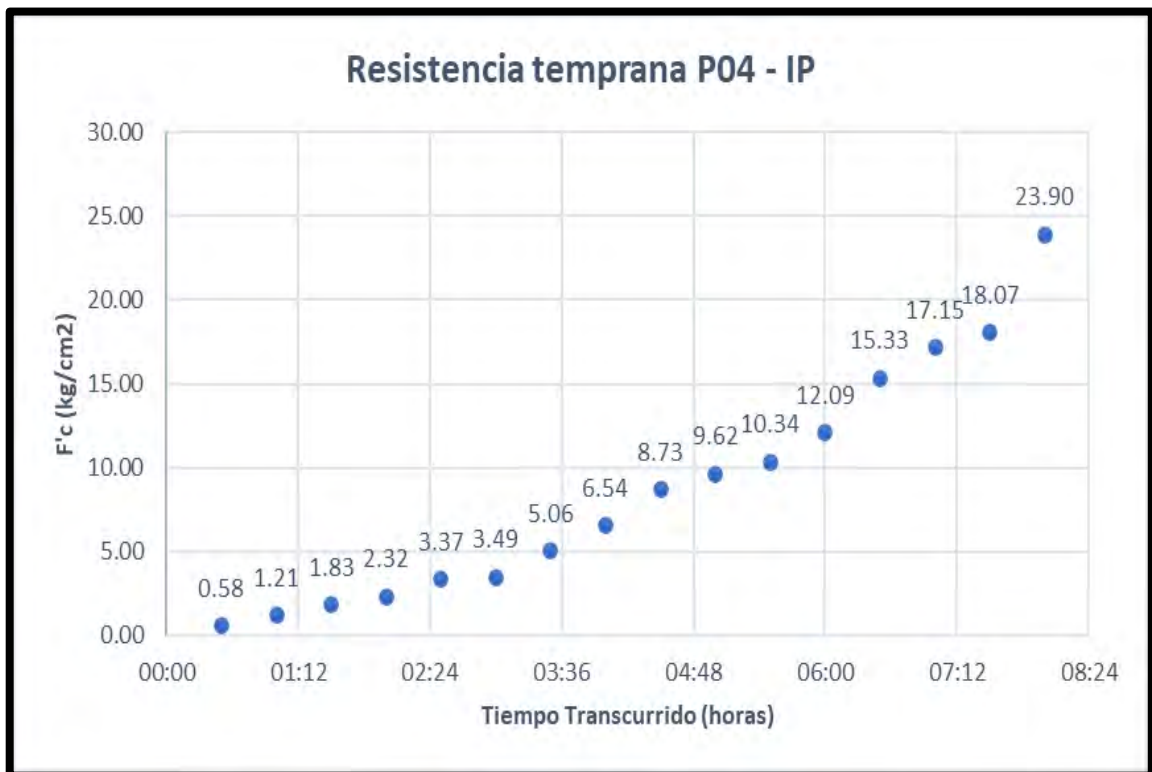
Tabla N° 50. Ensayos con penetrómetro panel P04 - cemento tipo IP.

ENSAYO PENETROMETRO EN PANEL P04								
Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
12:00 pm	00:30 hrs	10	8	9	7	7	8.20	0.58
		8	8	9	7	9		
12:30 pm	01:00 hrs	16	18	16	16	20	17.20	1.21
		18	16	17	19	16		
13:00 pm	01:30 hrs	24	24	28	28	26	26.00	1.83
		26	24	26	30	24		
13:30 pm	02:00 hrs	28	30	32	36	38	33.00	2.32
		30	32	34	36	34		
14:00 pm	02:30 hrs	40	40	90	60	40	48.00	3.37
		30	40	50	50	40		
14:30 pm	03:00 hrs	46	42	44	50	48	49.60	3.49
		52	54	56	56	48		
15:00 pm	03:30 hrs	62	64	66	68	70	71.90	5.06
		76	75	80	78	80		
15:30 pm	04:00 hrs	90	80	90	100	110	93.00	6.54
		100	80	90	90	100		
16:00 pm	04:30 hrs	110	120	125	130	125	124.10	8.73
		125	120	132	128	126		
16:30 pm	05:00 hrs	130	136	138	132	138	136.80	9.62
		140	142	140	136	136		
17:00 pm	05:30 hrs	50	140	160	200	160	147.00	10.34
		130	160	200	150	120		
17:30 pm	06:00 hrs	160	170	160	160	170	172.00	12.09
		180	190	190	180	160		
18:00 pm	06:30 hrs	250	210	200	260	200	218.00	15.33
		200	200	210	220	230		
18:30 pm	07:00 hrs	230	230	240	250	250	244.00	17.15
		250	240	260	240	250		
19:00 pm	07:30 hrs	230	220	220	270	260	257.00	18.07
		300	260	300	260	250		

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
19:30 pm	08:00 hrs	300	340	330	340	360	340.00	23.90
		360	360	350	340	320		

Fuente: Elaboración propia

Figura 140. Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P04-IP



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 51. Ensayos con penetrómetro panel P05 - cemento tipo IP.

ENSAYO PENETROMETRO EN PANEL P05								
Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm2)
12:00 pm	00:30 hrs	8	8	9	9	8	8.10	0.57
		7	6	8	9	9		
12:30 pm	01:00 hrs	12	10	14	13	16	12.90	0.91
		10	12	14	16	12		
13:00 pm	01:30 hrs	16	18	20	22	20	18.40	1.29
		18	16	18	16	20		
13:30 pm	02:00 hrs	20	22	24	26	30	25.40	1.79
		28	26	26	24	28		
14:00 pm	02:30 hrs	30	30	40	60	80	50.00	3.52
		60	50	60	50	40		
14:30 pm	03:00 hrs	60	65	70	75	75	72.50	5.10
		80	80	70	70	80		
15:00 pm	03:30 hrs	100	110	100	100	110	105.00	7.38
		120	100	90	120	100		
15:30 pm	04:00 hrs	120	130	120	120	100	136.00	9.56
		130	100	140	200	200		
16:00 pm	04:30 hrs	140	150	150	160	170	157.00	11.04
		180	160	150	150	160		
16:30 pm	05:00 hrs	180	190	200	200	190	189.00	13.29
		190	190	185	195	170		
17:00 pm	05:30 hrs	200	230	240	210	240	222.00	15.61
		230	230	210	220	210		
17:30 pm	06:00 hrs	240	260	280	280	270	289.00	20.32
		280	300	320	340	320		
18:00 pm	06:30 hrs	350	380	380	340	290	330.00	23.20
		320	320	340	300	280		
18:30 pm	07:00 hrs	340	350	350	320	330	343.00	24.12
		360	320	360	340	360		
19:00 pm	07:30 hrs	360	350	380	340	420	362.00	25.45
		330	410	360	320	350		

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
19:30 pm	08:00 hrs	370	380	400	420	440	419.00	29.46
		420	420	440	460	440		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 141. Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P05-IP



Fuente: Elaboración propia.

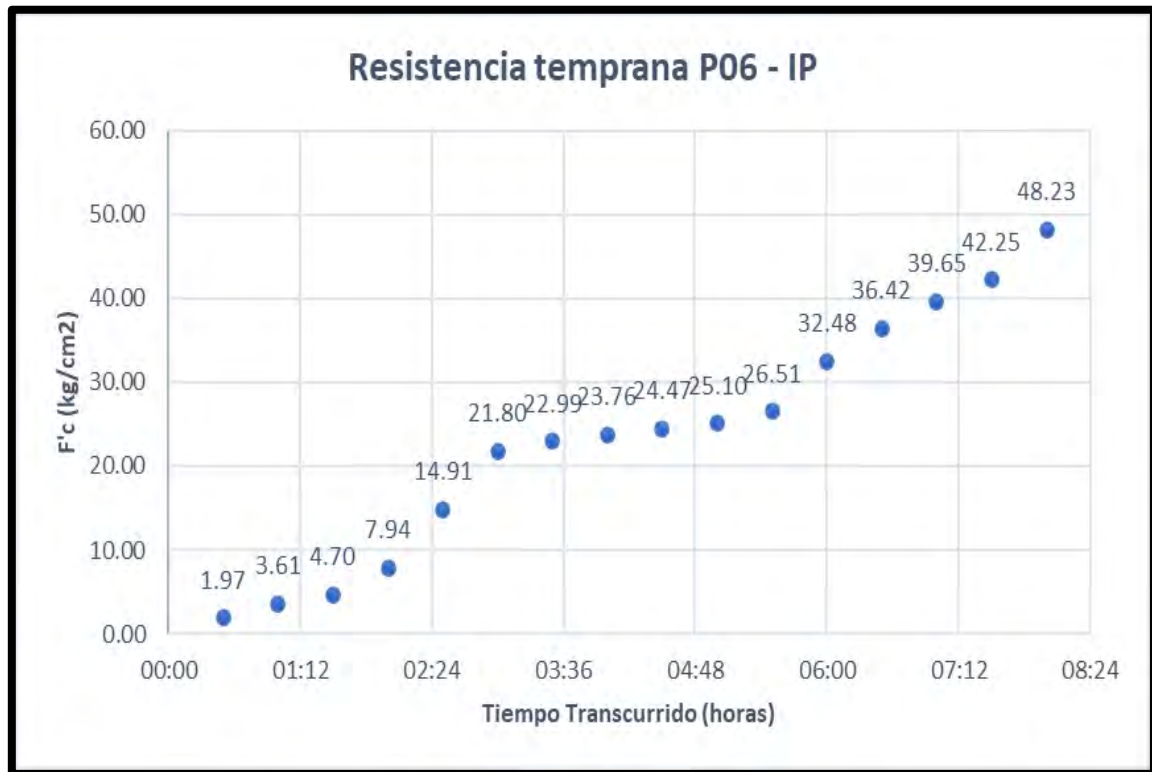
Tabla N° 52. Ensayos con penetrómetro panel P06 - cemento tipo IP.

ENSAYO PENETROMETRO EN PANEL P06								
Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
12:00 pm	00:30 hrs	12	10	14	16	16	12.80	0.90
		10	12	12	14	12		
12:30 pm	01:00 hrs	26	24	30	32	30	27.40	1.93
		28	22	26	24	32		
13:00 pm	01:30 hrs	38	42	40	40	44	38.40	2.70
		36	34	36	40	34		
13:30 pm	02:00 hrs	50	54	56	56	54	53.20	3.74
		48	50	54	58	52		
14:00 pm	02:30 hrs	58	60	64	62	62	61.90	4.35
		64	62	62	65	60		
14:30 pm	03:00 hrs	66	68	66	70	72	69.40	4.88
		68	72	68	74	70		
15:00 pm	03:30 hrs	76	78	76	80	78	79.00	5.55
		68	84	82	80	88		
15:30 pm	04:00 hrs	80	150	130	110	100	115.00	8.09
		90	120	100	90	180		
16:00 pm	04:30 hrs	180	200	220	230	210	217.00	15.26
		210	240	250	230	200		
16:30 pm	05:00 hrs	230	250	250	280	250	248.00	17.44
		270	260	230	240	220		
17:00 pm	05:30 hrs	290	280	270	300	310	274.00	19.26
		270	280	230	240	270		
17:30 pm	06:00 hrs	320	310	320	330	350	336.00	23.62
		330	350	340	340	370		
18:00 pm	06:30 hrs	370	360	350	380	400	380.00	26.72
		380	370	390	390	410		
18:30 pm	07:00 hrs	420	410	460	440	440	445.00	31.29
		430	470	460	470	450		
19:00 pm	07:30 hrs	470	490	520	500	490	493.00	34.66
		480	460	520	490	510		

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
19:30 pm	08:00 hrs	520	510	540	550	550	551.00	38.74
		600	560	550	560	570		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 142. Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P06-IP



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 53. Ensayos con penetrómetro panel P07 - cemento tipo HE.

ENSAYO PENETROMETRO EN PANEL P07								
Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
12:00 pm	00:30 hrs	12	16	14	18	20	15.40	1.08
		14	10	16	16	18		
12:30 pm	01:00 hrs	28	18	20	22	24	24.20	1.70
		22	24	26	28	30		
13:00 pm	01:30 hrs	32	34	38	38	40	36.00	2.53
		34	36	36	38	34		
13:30 pm	02:00 hrs	44	48	46	46	50	46.40	3.26
		42	40	52	50	46		
14:00 pm	02:30 hrs	50	54	54	56	58	54.60	3.84
		52	52	54	56	60		
14:30 pm	03:00 hrs	65	70	72	74	74	74.10	5.21
		78	76	80	74	78		
15:00 pm	03:30 hrs	90	80	85	78	82	83.90	5.90
		82	88	84	84	86		
15:30 pm	04:00 hrs	120	120	100	130	90	106.00	7.45
		90	100	100	110	100		
16:00 pm	04:30 hrs	130	140	125	16	130	128.10	9.01
		140	150	140	150	160		
16:30 pm	05:00 hrs	150	140	200	200	220	188.00	13.22
		140	270	200	160	200		
17:00 pm	05:30 hrs	180	160	200	210	230	204.00	14.34
		210	220	220	200	210		
17:30 pm	06:00 hrs	240	230	240	240	240	240.00	16.87
		250	240	240	250	230		
18:00 pm	06:30 hrs	280	260	250	270	300	296.00	20.81
		320	340	330	310	300		
18:30 pm	07:00 hrs	330	380	370	360	320	352.00	24.75
		340	340	350	380	350		
19:00 pm	07:30 hrs	380	400	410	370	360	378.00	26.58
		360	370	360	400	370		

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
19:30 pm	08:00 hrs	460	460	420	460	430	444.00	31.22
		440	450	440	440	440		
20:00 pm	08:30 hrs	460	500	560	580	600	530.00	37.26
		500	520	480	540	560		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 143. Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P07-HE



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 54. Ensayos con penetrómetro panel P08 - cemento tipo HE.

ENSAYO PENETROMETRO EN PANEL P08																																																																																																																																																																																																								
Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)																																																																																																																																																																																																
12:00 pm	00:30 hrs	13	14	15	15	19	15.00	1.05																																																																																																																																																																																																
		14	12	15	16	17			12:30 pm	01:00 hrs	26	19	18	20	23	23.30	1.64	21	25	27	26	28	13:00 pm	01:30 hrs	37	31	33	36	37	34.40	2.42	33	37	34	34	32	13:30 pm	02:00 hrs	42	45	44	45	48	45.10	3.17	42	42	50	48	45	14:00 pm	02:30 hrs	50	50	52	54	57	53.20	3.74	51	52	53	55	58	14:30 pm	03:00 hrs	66	67	69	71	70	71.70	5.04	76	75	72	75	76	15:00 pm	03:30 hrs	88	84	85	78	82	83.50	5.87	82	88	84	84	80	15:30 pm	04:00 hrs	80	70	100	110	120	96.00	6.75	90	80	120	100	90	16:00 pm	04:30 hrs	120	140	180	160	160	166.00	11.67	180	190	170	170	190	16:30 pm	05:00 hrs	200	160	200	200	180	200.00	14.06	200	220	230	210	200	17:00 pm	05:30 hrs	240	230	260	220	230	235.00	16.52	230	230	230	240	240	17:30 pm	06:00 hrs	260	240	240	240	270	263.00	18.49	300	240	240	340	260	18:00 pm	06:30 hrs	310	300	300	320	310	308.00	21.65	290	310	315	315	310	18:30 pm	07:00 hrs	330	340	360	280	320	336.00	23.62	310	350	400	350	320	19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65	390
12:30 pm	01:00 hrs	26	19	18	20	23	23.30	1.64																																																																																																																																																																																																
		21	25	27	26	28			13:00 pm	01:30 hrs	37	31	33	36	37	34.40	2.42	33	37	34	34	32	13:30 pm	02:00 hrs	42	45	44	45	48	45.10	3.17	42	42	50	48	45	14:00 pm	02:30 hrs	50	50	52	54	57	53.20	3.74	51	52	53	55	58	14:30 pm	03:00 hrs	66	67	69	71	70	71.70	5.04	76	75	72	75	76	15:00 pm	03:30 hrs	88	84	85	78	82	83.50	5.87	82	88	84	84	80	15:30 pm	04:00 hrs	80	70	100	110	120	96.00	6.75	90	80	120	100	90	16:00 pm	04:30 hrs	120	140	180	160	160	166.00	11.67	180	190	170	170	190	16:30 pm	05:00 hrs	200	160	200	200	180	200.00	14.06	200	220	230	210	200	17:00 pm	05:30 hrs	240	230	260	220	230	235.00	16.52	230	230	230	240	240	17:30 pm	06:00 hrs	260	240	240	240	270	263.00	18.49	300	240	240	340	260	18:00 pm	06:30 hrs	310	300	300	320	310	308.00	21.65	290	310	315	315	310	18:30 pm	07:00 hrs	330	340	360	280	320	336.00	23.62	310	350	400	350	320	19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65	390	380	390	400	410										
13:00 pm	01:30 hrs	37	31	33	36	37	34.40	2.42																																																																																																																																																																																																
		33	37	34	34	32			13:30 pm	02:00 hrs	42	45	44	45	48	45.10	3.17	42	42	50	48	45	14:00 pm	02:30 hrs	50	50	52	54	57	53.20	3.74	51	52	53	55	58	14:30 pm	03:00 hrs	66	67	69	71	70	71.70	5.04	76	75	72	75	76	15:00 pm	03:30 hrs	88	84	85	78	82	83.50	5.87	82	88	84	84	80	15:30 pm	04:00 hrs	80	70	100	110	120	96.00	6.75	90	80	120	100	90	16:00 pm	04:30 hrs	120	140	180	160	160	166.00	11.67	180	190	170	170	190	16:30 pm	05:00 hrs	200	160	200	200	180	200.00	14.06	200	220	230	210	200	17:00 pm	05:30 hrs	240	230	260	220	230	235.00	16.52	230	230	230	240	240	17:30 pm	06:00 hrs	260	240	240	240	270	263.00	18.49	300	240	240	340	260	18:00 pm	06:30 hrs	310	300	300	320	310	308.00	21.65	290	310	315	315	310	18:30 pm	07:00 hrs	330	340	360	280	320	336.00	23.62	310	350	400	350	320	19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65	390	380	390	400	410																								
13:30 pm	02:00 hrs	42	45	44	45	48	45.10	3.17																																																																																																																																																																																																
		42	42	50	48	45			14:00 pm	02:30 hrs	50	50	52	54	57	53.20	3.74	51	52	53	55	58	14:30 pm	03:00 hrs	66	67	69	71	70	71.70	5.04	76	75	72	75	76	15:00 pm	03:30 hrs	88	84	85	78	82	83.50	5.87	82	88	84	84	80	15:30 pm	04:00 hrs	80	70	100	110	120	96.00	6.75	90	80	120	100	90	16:00 pm	04:30 hrs	120	140	180	160	160	166.00	11.67	180	190	170	170	190	16:30 pm	05:00 hrs	200	160	200	200	180	200.00	14.06	200	220	230	210	200	17:00 pm	05:30 hrs	240	230	260	220	230	235.00	16.52	230	230	230	240	240	17:30 pm	06:00 hrs	260	240	240	240	270	263.00	18.49	300	240	240	340	260	18:00 pm	06:30 hrs	310	300	300	320	310	308.00	21.65	290	310	315	315	310	18:30 pm	07:00 hrs	330	340	360	280	320	336.00	23.62	310	350	400	350	320	19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65	390	380	390	400	410																																						
14:00 pm	02:30 hrs	50	50	52	54	57	53.20	3.74																																																																																																																																																																																																
		51	52	53	55	58			14:30 pm	03:00 hrs	66	67	69	71	70	71.70	5.04	76	75	72	75	76	15:00 pm	03:30 hrs	88	84	85	78	82	83.50	5.87	82	88	84	84	80	15:30 pm	04:00 hrs	80	70	100	110	120	96.00	6.75	90	80	120	100	90	16:00 pm	04:30 hrs	120	140	180	160	160	166.00	11.67	180	190	170	170	190	16:30 pm	05:00 hrs	200	160	200	200	180	200.00	14.06	200	220	230	210	200	17:00 pm	05:30 hrs	240	230	260	220	230	235.00	16.52	230	230	230	240	240	17:30 pm	06:00 hrs	260	240	240	240	270	263.00	18.49	300	240	240	340	260	18:00 pm	06:30 hrs	310	300	300	320	310	308.00	21.65	290	310	315	315	310	18:30 pm	07:00 hrs	330	340	360	280	320	336.00	23.62	310	350	400	350	320	19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65	390	380	390	400	410																																																				
14:30 pm	03:00 hrs	66	67	69	71	70	71.70	5.04																																																																																																																																																																																																
		76	75	72	75	76			15:00 pm	03:30 hrs	88	84	85	78	82	83.50	5.87	82	88	84	84	80	15:30 pm	04:00 hrs	80	70	100	110	120	96.00	6.75	90	80	120	100	90	16:00 pm	04:30 hrs	120	140	180	160	160	166.00	11.67	180	190	170	170	190	16:30 pm	05:00 hrs	200	160	200	200	180	200.00	14.06	200	220	230	210	200	17:00 pm	05:30 hrs	240	230	260	220	230	235.00	16.52	230	230	230	240	240	17:30 pm	06:00 hrs	260	240	240	240	270	263.00	18.49	300	240	240	340	260	18:00 pm	06:30 hrs	310	300	300	320	310	308.00	21.65	290	310	315	315	310	18:30 pm	07:00 hrs	330	340	360	280	320	336.00	23.62	310	350	400	350	320	19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65	390	380	390	400	410																																																																		
15:00 pm	03:30 hrs	88	84	85	78	82	83.50	5.87																																																																																																																																																																																																
		82	88	84	84	80			15:30 pm	04:00 hrs	80	70	100	110	120	96.00	6.75	90	80	120	100	90	16:00 pm	04:30 hrs	120	140	180	160	160	166.00	11.67	180	190	170	170	190	16:30 pm	05:00 hrs	200	160	200	200	180	200.00	14.06	200	220	230	210	200	17:00 pm	05:30 hrs	240	230	260	220	230	235.00	16.52	230	230	230	240	240	17:30 pm	06:00 hrs	260	240	240	240	270	263.00	18.49	300	240	240	340	260	18:00 pm	06:30 hrs	310	300	300	320	310	308.00	21.65	290	310	315	315	310	18:30 pm	07:00 hrs	330	340	360	280	320	336.00	23.62	310	350	400	350	320	19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65	390	380	390	400	410																																																																																
15:30 pm	04:00 hrs	80	70	100	110	120	96.00	6.75																																																																																																																																																																																																
		90	80	120	100	90			16:00 pm	04:30 hrs	120	140	180	160	160	166.00	11.67	180	190	170	170	190	16:30 pm	05:00 hrs	200	160	200	200	180	200.00	14.06	200	220	230	210	200	17:00 pm	05:30 hrs	240	230	260	220	230	235.00	16.52	230	230	230	240	240	17:30 pm	06:00 hrs	260	240	240	240	270	263.00	18.49	300	240	240	340	260	18:00 pm	06:30 hrs	310	300	300	320	310	308.00	21.65	290	310	315	315	310	18:30 pm	07:00 hrs	330	340	360	280	320	336.00	23.62	310	350	400	350	320	19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65	390	380	390	400	410																																																																																														
16:00 pm	04:30 hrs	120	140	180	160	160	166.00	11.67																																																																																																																																																																																																
		180	190	170	170	190			16:30 pm	05:00 hrs	200	160	200	200	180	200.00	14.06	200	220	230	210	200	17:00 pm	05:30 hrs	240	230	260	220	230	235.00	16.52	230	230	230	240	240	17:30 pm	06:00 hrs	260	240	240	240	270	263.00	18.49	300	240	240	340	260	18:00 pm	06:30 hrs	310	300	300	320	310	308.00	21.65	290	310	315	315	310	18:30 pm	07:00 hrs	330	340	360	280	320	336.00	23.62	310	350	400	350	320	19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65	390	380	390	400	410																																																																																																												
16:30 pm	05:00 hrs	200	160	200	200	180	200.00	14.06																																																																																																																																																																																																
		200	220	230	210	200			17:00 pm	05:30 hrs	240	230	260	220	230	235.00	16.52	230	230	230	240	240	17:30 pm	06:00 hrs	260	240	240	240	270	263.00	18.49	300	240	240	340	260	18:00 pm	06:30 hrs	310	300	300	320	310	308.00	21.65	290	310	315	315	310	18:30 pm	07:00 hrs	330	340	360	280	320	336.00	23.62	310	350	400	350	320	19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65	390	380	390	400	410																																																																																																																										
17:00 pm	05:30 hrs	240	230	260	220	230	235.00	16.52																																																																																																																																																																																																
		230	230	230	240	240			17:30 pm	06:00 hrs	260	240	240	240	270	263.00	18.49	300	240	240	340	260	18:00 pm	06:30 hrs	310	300	300	320	310	308.00	21.65	290	310	315	315	310	18:30 pm	07:00 hrs	330	340	360	280	320	336.00	23.62	310	350	400	350	320	19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65	390	380	390	400	410																																																																																																																																								
17:30 pm	06:00 hrs	260	240	240	240	270	263.00	18.49																																																																																																																																																																																																
		300	240	240	340	260			18:00 pm	06:30 hrs	310	300	300	320	310	308.00	21.65	290	310	315	315	310	18:30 pm	07:00 hrs	330	340	360	280	320	336.00	23.62	310	350	400	350	320	19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65	390	380	390	400	410																																																																																																																																																						
18:00 pm	06:30 hrs	310	300	300	320	310	308.00	21.65																																																																																																																																																																																																
		290	310	315	315	310			18:30 pm	07:00 hrs	330	340	360	280	320	336.00	23.62	310	350	400	350	320	19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65	390	380	390	400	410																																																																																																																																																																				
18:30 pm	07:00 hrs	330	340	360	280	320	336.00	23.62																																																																																																																																																																																																
		310	350	400	350	320			19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65	390	380	390	400	410																																																																																																																																																																																		
19:00 pm	07:30 hrs	360	370	350	360	380	379.00	26.65																																																																																																																																																																																																
		390	380	390	400	410																																																																																																																																																																																																		

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
19:30 pm	08:00 hrs	420	440	440	450	410	450.00	31.64
		460	440	480	490	470		
20:00 pm	08:30 hrs	490	490	510	500	510	510.00	35.86
		530	530	520	520	500		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 144. Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P08-HE



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 55. Ensayos con penetrómetro panel P09 - cemento tipo HE.

ENSAYO PENETROMETRO EN PANEL P09								
Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
12:00 pm	00:30 hrs	14	16	16	20	22	16.90	1.19
		15	12	16	18	20		
12:30 pm	01:00 hrs	26	22	24	24	26	25.90	1.82
		24	25	26	30	32		
13:00 pm	01:30 hrs	36	32	38	40	42	39.00	2.74
		46	48	36	38	34		
13:30 pm	02:00 hrs	44	48	44	48	50	46.40	3.26
		42	40	52	50	46		
14:00 pm	02:30 hrs	52	56	52	58	60	56.40	3.97
		58	56	54	58	60		
14:30 pm	03:00 hrs	68	66	72	76	78	76.40	5.37
		80	82	80	78	84		
15:00 pm	03:30 hrs	92	100	84	90	110	97.20	6.83
		110	86	90	100	110		
15:30 pm	04:00 hrs	160	120	140	120	110	126.00	8.86
		120	130	110	100	150		
16:00 pm	04:30 hrs	190	190	150	170	180	175.00	12.30
		170	180	180	170	170		
16:30 pm	05:00 hrs	190	200	200	200	240	210.00	14.76
		240	220	200	200	210		
17:00 pm	05:30 hrs	240	240	230	230	230	235.00	16.52
		220	230	240	240	250		
17:30 pm	06:00 hrs	220	250	260	280	280	254.00	17.86
		240	260	260	240	250		
18:00 pm	06:30 hrs	300	310	320	280	310	295.00	20.74
		290	280	290	290	280		
18:30 pm	07:00 hrs	350	360	360	360	320	337.00	23.69
		330	310	300	360	320		
19:00 pm	07:30 hrs	350	370	380	370	360	376.00	26.44
		390	380	390	390	380		

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
19:30 pm	08:00 hrs	390	395	395	400	410	406.00	28.54
		400	400	380	440	450		
20:00 pm	08:30 hrs	400	420	400	420	450	453.00	31.85
		500	540	560	410	430		

Fuente: Elaboración propia

Figura 145. Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P09-HE



Fuente: Elaboración propia

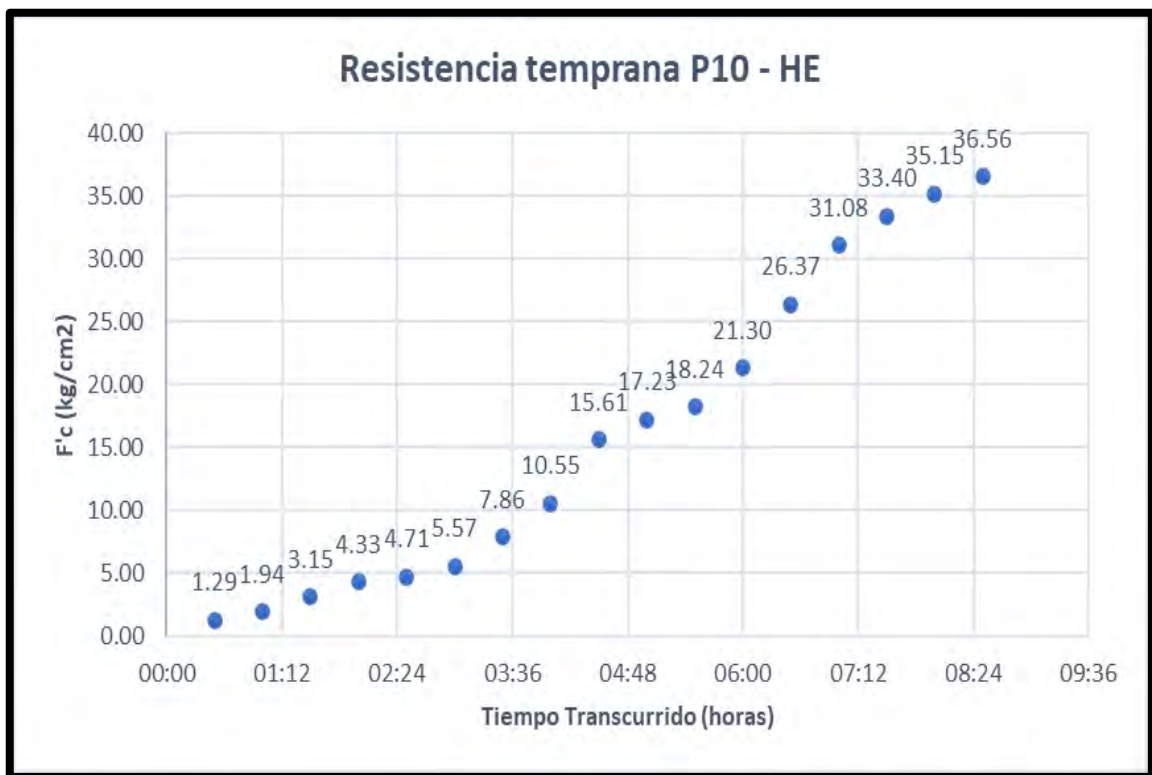
Tabla N° 56. Ensayos con penetrómetro panel P10 - cemento tipo HE.

ENSAYO PENETROMETRO EN PANEL P10								
Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
12:00 pm	00:30 hrs	16	18	16	22	22	18.40	1.29
		18	14	18	18	22		
12:30 pm	01:00 hrs	28	24	24	26	28	27.60	1.94
		28	26	26	32	34		
13:00 pm	01:30 hrs	36	34	38	44	46	44.80	3.15
		46	50	54	52	48		
13:30 pm	02:00 hrs	52	56	60	62	64	61.60	4.33
		60	68	66	64	64		
14:00 pm	02:30 hrs	66	70	62	64	62	67.00	4.71
		68	66	70	72	70		
14:30 pm	03:00 hrs	72	74	74	72	80	79.20	5.57
		80	84	82	86	88		
15:00 pm	03:30 hrs	88	90	100	120	110	111.80	7.86
		110	120	130	120	130		
15:30 pm	04:00 hrs	130	150	140	180	160	150.00	10.55
		150	120	190	150	130		
16:00 pm	04:30 hrs	190	210	210	200	230	222.00	15.61
		230	240	260	230	220		
16:30 pm	05:00 hrs	240	280	280	220	240	245.00	17.23
		260	260	220	220	230		
17:00 pm	05:30 hrs	265	270	260	250	260	259.50	18.24
		280	250	260	260	240		
17:30 pm	06:00 hrs	270	280	310	320	310	303.00	21.30
		280	300	320	340	300		
18:00 pm	06:30 hrs	320	340	360	390	350	375.00	26.37
		420	380	400	390	400		
18:30 pm	07:00 hrs	330	390	460	500	430	442.00	31.08
		440	500	420	490	460		
19:00 pm	07:30 hrs	470	480	480	460	500	475.00	33.40
		470	480	460	470	480		

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
19:30 pm	08:00 hrs	500	510	480	530	510	500.00	35.15
		490	500	490	510	480		
20:00 pm	08:30 hrs	500	500	500	480	500	520.00	36.56
		510	540	520	570	580		

Fuente: Elaboración propia

Figura 146. Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P10-HE



Fuente: Elaboración propia

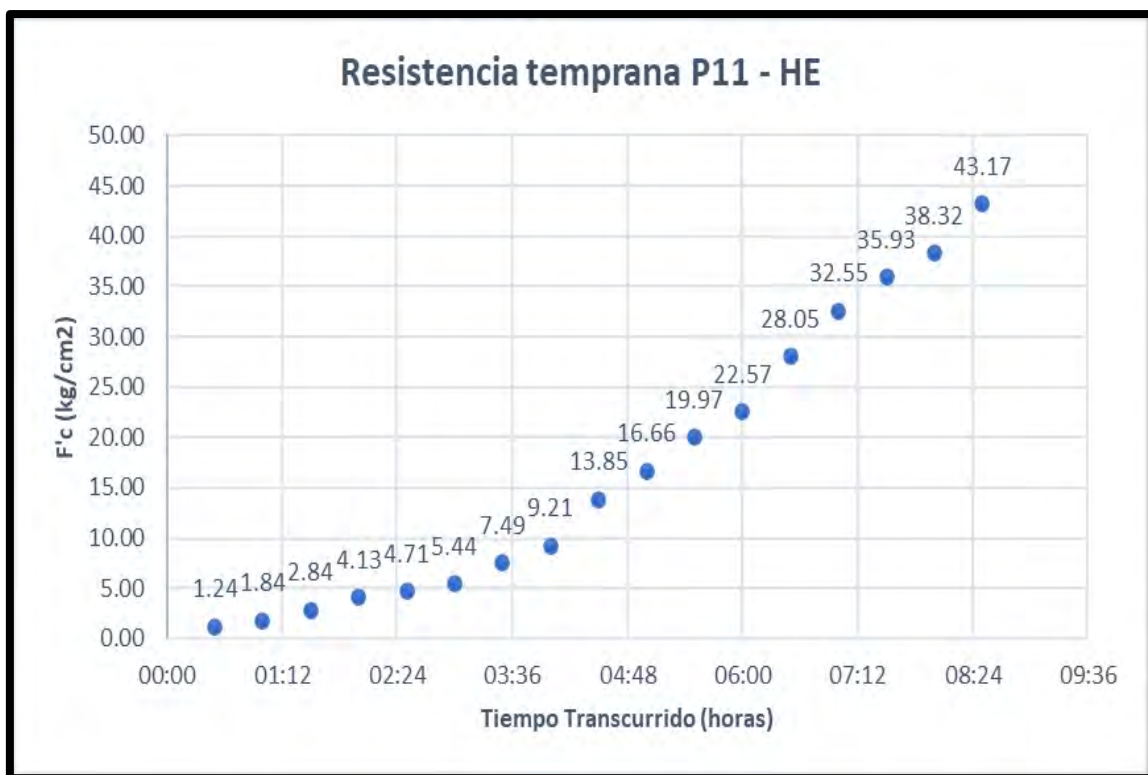
Tabla N° 57. Ensayos con penetrómetro panel P11 - cemento tipo HE.

ENSAYO PENETROMETRO EN PANEL P11								
Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
12:00 pm	00:30 hrs	14	15	17	20	22	17.60	1.24
		20	14	16	18	20		
12:30 pm	01:00 hrs	24	25	26	28	26	26.20	1.84
		24	27	24	30	28		
13:00 pm	01:30 hrs	30	32	34	36	38	40.40	2.84
		42	46	48	50	48		
13:30 pm	02:00 hrs	52	54	56	58	60	58.80	4.13
		60	64	64	62	58		
14:00 pm	02:30 hrs	66	68	64	64	66	67.00	4.71
		68	66	70	68	70		
14:30 pm	03:00 hrs	74	80	72	72	76	77.40	5.44
		78	82	82	80	78		
15:00 pm	03:30 hrs	100	110	90	90	110	106.60	7.49
		100	110	96	120	140		
15:30 pm	04:00 hrs	180	160	130	120	100	131.00	9.21
		90	150	100	100	180		
16:00 pm	04:30 hrs	190	220	190	190	180	197.00	13.85
		180	210	220	200	190		
16:30 pm	05:00 hrs	240	240	220	200	230	237.00	16.66
		260	250	250	220	260		
17:00 pm	05:30 hrs	280	290	300	280	270	284.00	19.97
		290	310	270	280	270		
17:30 pm	06:00 hrs	360	320	320	290	320	321.00	22.57
		300	330	300	330	340		
18:00 pm	06:30 hrs	390	380	400	410	390	399.00	28.05
		380	400	410	420	410		
18:30 pm	07:00 hrs	500	430	450	420	520	463.00	32.55
		520	390	480	500	420		
19:00 pm	07:30 hrs	500	510	520	500	510	511.00	35.93
		530	500	510	520	510		

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
19:30 pm	08:00 hrs	540	530	530	550	560	545.00	38.32
		570	540	530	530	570		
20:00 pm	08:30 hrs	540	600	620	620	640	614.00	43.17
		580	600	680	650	610		

Fuente: Elaboración propia

Figura 147. Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P11-HE



Fuente: Elaboración propia

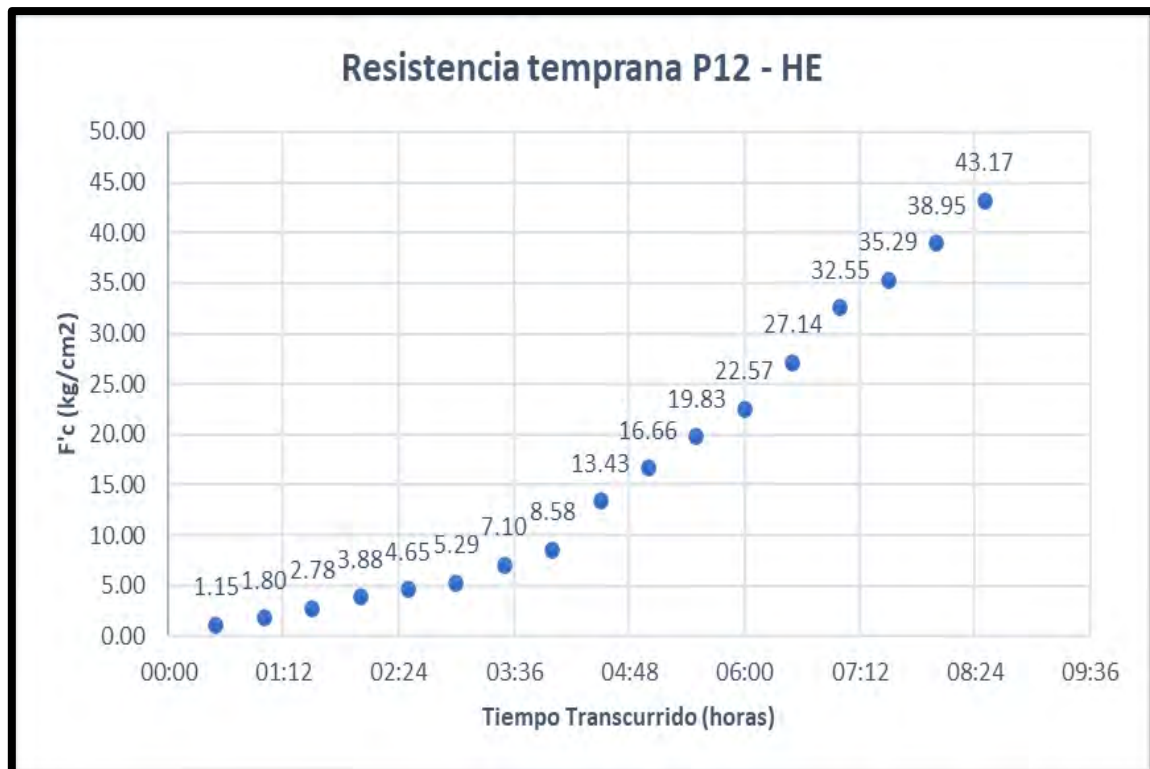
Tabla N° 58. Ensayos con penetrómetro panel P12 - cemento tipo HE.

ENSAYO PENETROMETRO EN PANEL P12								
Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
12:00 pm	00:30 hrs	12	14	18	16	20	16.40	1.15
		20	16	14	18	16		
12:30 pm	01:00 hrs	26	22	24	26	26	25.60	1.80
		26	28	24	26	28		
13:00 pm	01:30 hrs	32	28	32	36	34	39.60	2.78
		42	46	48	50	48		
13:30 pm	02:00 hrs	50	54	52	56	54	55.20	3.88
		56	58	60	58	54		
14:00 pm	02:30 hrs	62	64	66	68	66	66.20	4.65
		64	66	68	68	70		
14:30 pm	03:00 hrs	72	74	72	76	74	75.20	5.29
		78	76	78	80	72		
15:00 pm	03:30 hrs	110	110	90	90	100	101.00	7.10
		100	90	90	120	110		
15:30 pm	04:00 hrs	90	160	130	120	100	122.00	8.58
		90	150	100	100	180		
16:00 pm	04:30 hrs	170	180	170	220	180	191.00	13.43
		190	170	210	190	230		
16:30 pm	05:00 hrs	240	240	220	200	230	237.00	16.66
		260	250	250	220	260		
17:00 pm	05:30 hrs	300	280	290	310	310	282.00	19.83
		290	280	260	240	260		
17:30 pm	06:00 hrs	360	320	320	290	320	321.00	22.57
		300	330	300	330	340		
18:00 pm	06:30 hrs	400	350	370	390	410	386.00	27.14
		380	360	390	400	410		
18:30 pm	07:00 hrs	500	430	450	420	520	463.00	32.55
		520	390	480	500	420		
19:00 pm	07:30 hrs	480	500	510	520	510	502.00	35.29
		490	480	500	510	520		

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetración en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm ²)
19:30 pm	08:00 hrs	530	540	550	560	540	554.00	38.95
		560	540	570	570	580		
20:00 pm	08:30 hrs	540	600	620	620	640	614.00	43.17
		580	600	680	650	610		

Fuente: Elaboración propia

Figura 148. Resistencia Inicial con penetrómetro pocket para P12-HE



Fuente: Elaboración propia

3.2.5 Resultados de Ensayos de resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos extraídos de paneles.

La determinación de la resistencia a compresión del concreto lanzado o shotcrete se dio mediante la rotura de núcleos extraídos con una máquina de perforación y una broca diamantada de 2" de diámetro.

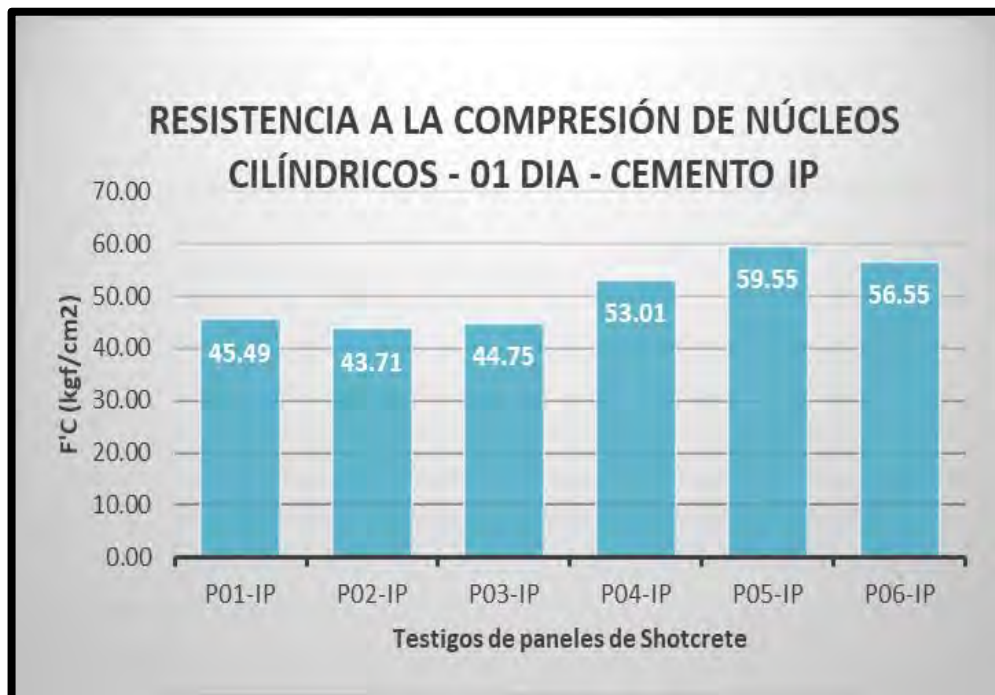
Los testigos de concreto lanzado o shotcrete se obtienen de paneles cuadrados proyectados y ensayados a 01 día, 03 días y 07 días, los resultados obtenidos se aprecian en las tablas y figuras siguientes.

Tabla N° 59. Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos - 01 día - cemento IP.

Muestra	Fecha Moldeo	Fecha Rotura	Edad (días)	Diseño	Dial (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	Resistencia (%)
P01-IP	09/12/2021	10/12/2021	01 días	F'c=280 Kg/cm ²	922.00	20.27	45.49	16.25%
P02-IP	09/12/2021	10/12/2021	01 días	F'c=280 Kg/cm ²	886.00	20.27	43.71	15.61%
P03-IP	09/12/2021	10/12/2021	01 días	F'c=280 Kg/cm ²	907.00	20.27	44.75	15.98%
P04-IP	09/12/2021	10/12/2021	01 días	F'c=280 Kg/cm ²	1074.00	20.26	53.01	18.93%
P05-IP	09/12/2021	10/12/2021	01 días	F'c=280 Kg/cm ²	1207.00	20.27	59.55	21.27%
P06-IP	09/12/2021	10/12/2021	01 días	F'c=280 Kg/cm ²	1146.00	20.27	56.55	20.19%

Fuente: Elaboración propia

Figura 149. Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos 01 día - cemento IP.



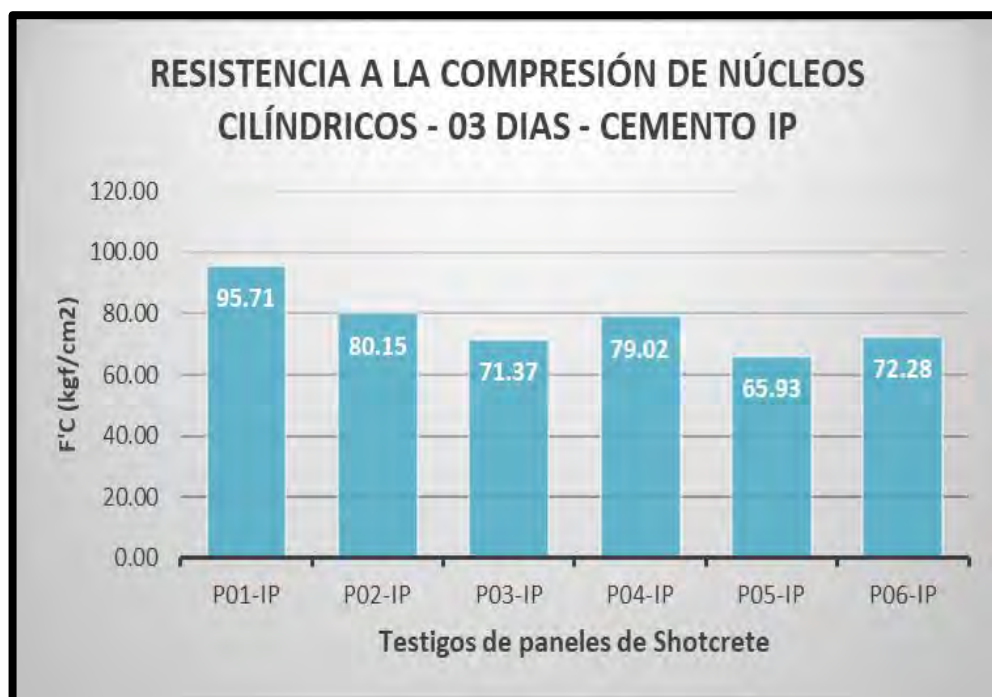
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 60. Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos - 03 días - cemento IP.

Muestra	Fecha Moldeo	Fecha Rotura	Edad (días)	Diseño	Dial (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	Resistencia (%)
P01-IP	09/12/2021	12/12/2021	3 días	F' _c =280 Kg/cm ²	1939.00	20.26	95.71	34.18%
P02-IP	09/12/2021	12/12/2021	3 días	F' _c =280 Kg/cm ²	1624.00	20.26	80.15	28.62%
P03-IP	09/12/2021	12/12/2021	3 días	F' _c =280 Kg/cm ²	1446.00	20.26	71.37	25.49%
P04-IP	09/12/2021	12/12/2021	3 días	F' _c =280 Kg/cm ²	1601.00	20.26	79.02	28.22%
P05-IP	09/12/2021	12/12/2021	3 días	F' _c =280 Kg/cm ²	1336.00	20.26	65.93	23.55%
P06-IP	09/12/2021	12/12/2021	3 días	F' _c =280 Kg/cm ²	1465.00	20.27	72.28	25.82%

Fuente: Elaboración propia

Figura 150. Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos 03 días - cemento IP



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 61. Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos - 07 días - cemento IP.

Muestra	Fecha Moldeo	Fecha Rotura	Edad (días)	Diseño	Dial (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	Resistencia (%)
P01-IP	09/12/2021	16/12/2021	7 días	F'c=280 Kg/cm ²	2227.00	20.27	109.89	39.25%
P02-IP	09/12/2021	16/12/2021	7 días	F'c=280 Kg/cm ²	2106.00	20.26	103.95	37.12%
P03-IP	09/12/2021	16/12/2021	7 días	F'c=280 Kg/cm ²	1890.00	20.26	93.27	33.31%
P04-IP	09/12/2021	16/12/2021	7 días	F'c=280 Kg/cm ²	1793.00	20.26	88.50	31.61%
P05-IP	09/12/2021	16/12/2021	7 días	F'c=280 Kg/cm ²	1723.00	20.26	85.04	30.37%
P06-IP	09/12/2021	16/12/2021	7 días	F'c=280 Kg/cm ²	1669.00	20.27	82.34	29.41%

Fuente: Elaboración propia

Figura 151. Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos 07 días - cemento IP



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 62. Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos - 01 día - cemento HE.

Muestra	Fecha Moldeo	Fecha Rotura	Edad (días)	Diseño	Dial (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	Resistencia (%)
P07-HE	10/12/2021	11/12/2021	1 días	F'c=280 Kg/cm ²	2206.00	20.27	108.84	38.87%
P08-HE	10/12/2021	11/12/2021	1 días	F'c=280 Kg/cm ²	1801.00	20.27	88.87	31.74%
P09-HE	10/12/2021	11/12/2021	1 días	F'c=280 Kg/cm ²	2545.00	20.26	125.61	44.86%
P10-HE	10/12/2021	11/12/2021	1 días	F'c=280 Kg/cm ²	2302.00	20.27	113.57	40.56%
P11-HE	10/12/2021	11/12/2021	1 días	F'c=280 Kg/cm ²	2183.00	20.27	107.72	38.47%
P12-HE	10/12/2021	11/12/2021	1 días	F'c=280 Kg/cm ²	1981.00	20.27	97.74	34.91%

Fuente: Elaboración propia

Figura 152. Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos 01 día - cemento HE



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 63. Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos - 03 días - cemento HE.

Muestra	Fecha Moldeo	Fecha Rotura	Edad (días)	Diseño	Dial (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	Resistencia (%)
P07-HE	10/12/2021	13/12/2021	3 días	F'c=280 Kg/cm ²	2422.00	20.26	119.54	42.69%
P08-HE	10/12/2021	13/12/2021	3 días	F'c=280 Kg/cm ²	2227.00	20.27	109.89	39.25%
P09-HE	10/12/2021	13/12/2021	3 días	F'c=280 Kg/cm ²	2851.00	20.27	140.66	50.24%
P10-HE	10/12/2021	13/12/2021	3 días	F'c=280 Kg/cm ²	2737.00	20.26	135.08	48.24%
P11-HE	10/12/2021	13/12/2021	3 días	F'c=280 Kg/cm ²	2643.00	20.27	130.40	46.57%
P12-HE	10/12/2021	13/12/2021	3 días	F'c=280 Kg/cm ²	2337.00	20.27	115.32	41.18%

Fuente: Elaboración propia

Figura 153. Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos 03 días - cemento HE.



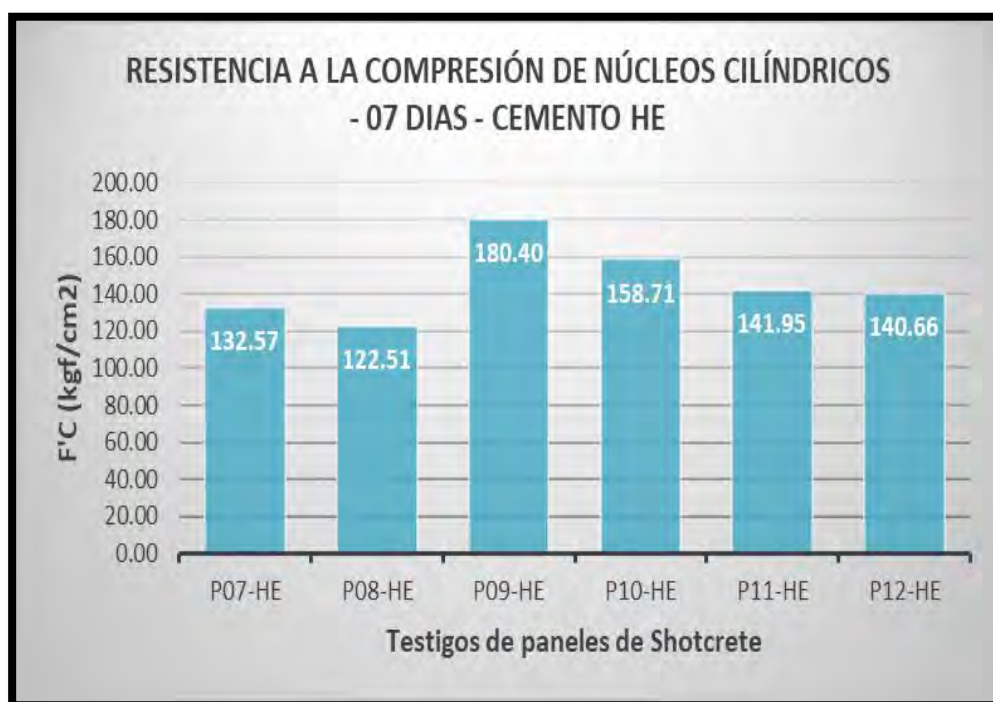
Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 64. Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos - 07 días - cemento HE.

Muestra	Fecha Moldeo	Fecha Rotura	Edad (días)	Diseño	Dial (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	Resistencia (%)
P07-HE	10/12/2021	17/12/2021	7 días	F'c=280 Kg/cm ²	2687.00	20.26	132.57	47.35%
P08-HE	10/12/2021	17/12/2021	7 días	F'c=280 Kg/cm ²	2483.00	20.26	122.51	43.76%
P09-HE	10/12/2021	17/12/2021	7 días	F'c=280 Kg/cm ²	3655.00	20.26	180.40	64.43%
P10-HE	10/12/2021	17/12/2021	7 días	F'c=280 Kg/cm ²	3216.00	20.26	158.71	56.68%
P11-HE	10/12/2021	17/12/2021	7 días	F'c=280 Kg/cm ²	2877.00	20.26	141.95	50.70%
P12-HE	10/12/2021	17/12/2021	7 días	F'c=280 Kg/cm ²	2851.00	20.27	140.70	50.24%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 154. Resistencia a la compresión de núcleos cilíndricos 07 días - cemento HE



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV. ANALISIS E INTERPRETACION.

4.1 Diseños de Mezclas.

La determinación de la dosificación final que se muestran en el apartado 3.2.2 y son desarrolladas en las tablas 42 y 43 para la proyección de shotcrete F'C=280 Kg/cm² fueron obtenidas del desarrollo y observaciones previas al realizar tandas de prueba descritas en el apartado 3.1.3.1 y desarrolladas en las tablas 24, 25,26,27 y 29.

Para fines de esta investigación se propuso mantener la relación agua /cemento (A/C) con un valor fijo de 0.5 ya que es la relación que brinda más garantías de para obtener factores de calidad, también mantener el grado de asentamiento (Slump) por encima de las 9 pulgadas ya que para fines de la proyección debíamos mantener la mezcla en consistencia fluida.

De esta recolección de datos se puede observar en tabla N°65 las variaciones en los componentes más sensibles para la mezcla como el cemento y los aditivos.

Tabla N° 65. Variación de materiales en tandas de prueba.

Diseño de mezcla shotcrete F'C=280 Kg/cm ² - Pruebas					
Materiales	Tanda de prueba N°1	Tanda de prueba N°2	Tanda de prueba N°3	Tanda de prueba N°4	Tanda de prueba N°5
Cemento	425 kg	425 kg	425 kg	425 kg	450 kg
A/C	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Superplastificante SH-6 (%)	1.60%	1.60%	1.20%	1%	0.80%
Acelerante Sigunit L-60 AF (%)	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%

Fuente: Elaboración propia

Como muestra la tabla anterior , se empezó con una cantidad de cemento de 425 kg recomendada por la norma ACI 506 ⁴⁸y una cantidad de aditivo reductor de agua SH-6 en una dosis de 1.6% , la alta dosificación de aditivo trajo anomalías en el comportamiento de la mezcla descritas en apartado 3.1.3.1 por lo que se fue reduciendo hasta 0.80% lo que hizo que la reducción de agua generada por el aditivo superplastificante no se mantenga , esto obligo a aumentar la cantidad de cementante para así mantener las condiciones planificadas en cuanto a la relación agua/cemento (A/C) y trabajabilidad que garantizaron la proyección del shotcrete.

⁴⁸ ACI -506R (Instituto Americano de Concreto) “Guía de Shotcrete”

4.2 Análisis comparativo de resistencia inicial en paneles proyectados con Penetrómetro Pocket antes de las 24 hrs.

La resistencia inicial que se da antes de las 24 hrs. se determinaron en los paneles proyectados con shotcrete elaborado con yura IP y también con yura HE a través de un penetrómetro pocket, se calcularon los resultados entre las 0-8 hrs. de terminada la proyección para después observar el incremento de resistencia inicial con el pasar de las horas.

Para realizar la comparación entre la evolución de la resistencia inicial obtenida por los 02 cementos, se elaboró la tabla N°66 a partir del promedio de la toma de resultados en los 6 paneles elaborados con Yura IP (1P280-SH-G2B) y la tabla N°67 con los datos obtenidos de los 06 paneles con cemento Yura HE (HE280-SH-G2B).

Tabla N° 66. Promedios de resistencia inicial en paneles proyectados con cemento Yura IP con Penetrómetro Pocket antes de las 24 hrs.

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido	Resistencia promedio IP Kg/cm2	Resistencia promedio IP Mpa
12:00 pm	30 min.	0.56	0.06
12:30 pm	1 hrs.	1.12	0.11
13:00 pm	1 hrs 30 min.	1.52	0.15
13:30 pm	2 hrs.	2.16	0.21
14:00 pm	2 hrs 30 min.	3.31	0.33
14:30 pm	3 hrs.	3.88	0.38
15:00 pm	3 hrs 30 min.	5.21	0.51
15:30 pm	4 hrs.	7.19	0.71
16:00 pm	4 hrs 30 min.	9.72	0.95
16:30 pm	5 hrs.	11.62	1.14
17:00 pm	5 hrs 30 min.	13.30	1.30
17:30 pm	6 hrs.	15.50	1.52
18:00 pm	6 hrs 30 min.	18.24	1.79
18:30 pm	7 hrs.	19.66	1.93
19:00 pm	7 hrs 30 min.	21.43	2.10
19:30 pm	8 hrs	25.22	2.47

Fuente: Elaboración propia.

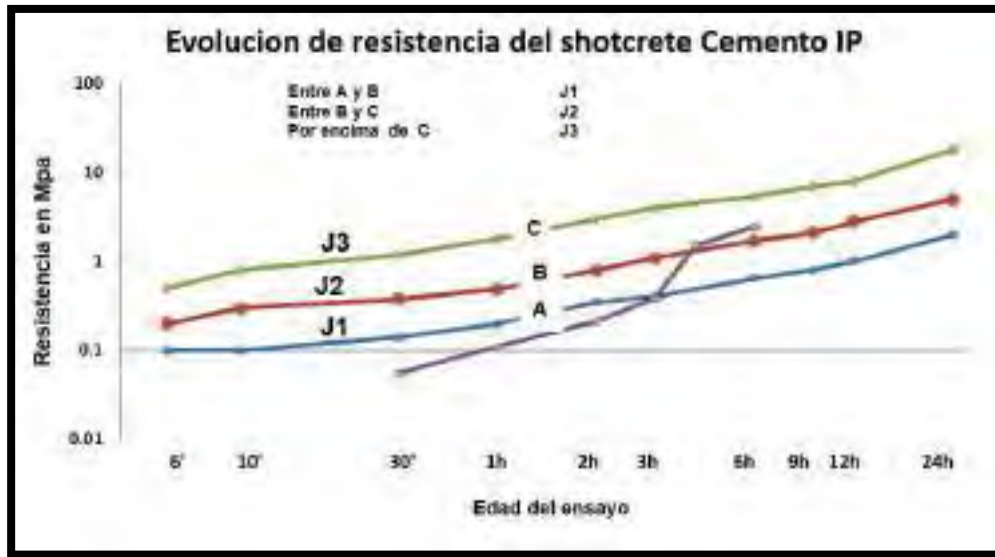
Tabla N° 67. Promedios de resistencia inicial en paneles proyectados con cemento Yura HE con Penetrómetro Pocket antes de las 24 hrs.

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido	Resistencia promedio HE Kg/cm2	Resistencia promedio HE Mpa
12:00 pm	30 min.	1.17	0.11
12:30 pm	1 hrs.	1.79	0.18
13:00 pm	1 hrs 30 min.	2.74	0.27
13:30 pm	2 hrs.	3.67	0.36
14:00 pm	2 hrs 30 min.	4.27	0.42
14:30 pm	3 hrs.	5.32	0.52
15:00 pm	3 hrs 30 min.	6.84	0.67
15:30 pm	4 hrs.	8.57	0.84
16:00 pm	4 hrs 30 min.	12.64	1.24
16:30 pm	5 hrs.	15.43	1.51
17:00 pm	5 hrs 30 min.	17.57	1.72
17:30 pm	6 hrs.	19.94	1.96
18:00 pm	6 hrs 30 min.	24.13	2.37
18:30 pm	7 hrs.	28.04	2.75
19:00 pm	7 hrs 30 min.	30.71	3.01
19:30 pm	8 hrs	33.97	3.33
20:00 pm	8hrs 30 min.	37.98	3.72

Fuente: Elaboración propia.

Se comparó la curva obtenida de los promedios de las resistencias iniciales que arrojo el penetrómetro para los paneles elaborados con Yura IP con las curvas J, requisitos en resistencias iniciales que proporciona la Guía Austriaca de Hormigón proyectado del 2013, se puede observar en la figura 155 como los promedios inician la lectura de la resistencia en 0.56 Kg/cm² (0.11 Mpa) a los 0.30 min y concluyen la recolección de datos a las 8 hrs con un promedio de 25.22 Kg/cm² (3.72 Mpa) llegando al 9 % de resistencia de diseño.

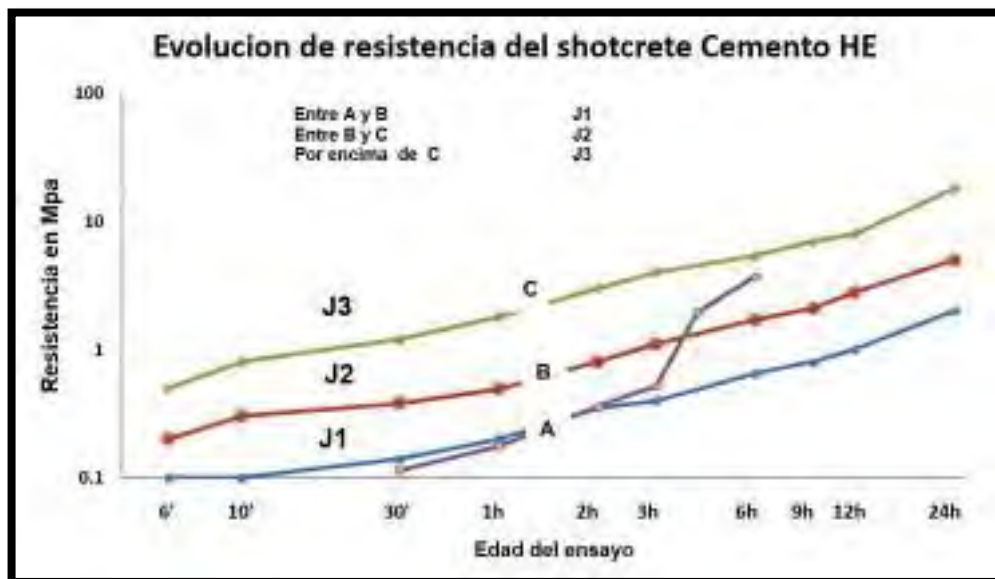
Figura 155. Curva de resistencias a la compresión inicial promedio cemento Yura IP antes de las 24 hrs.



Fuente: Elaboración propia.

Así mismo se comparó la curva obtenida de los promedios de las resistencias iniciales que arrojo el penetrómetro para los paneles elaborados con Yura HE con las curvas de requisitos en resistencias iniciales que proporciona la Guía Austriaca, se puede observar en la figura 156 como los paneles inician la lectura de la resistencia promedio de 1.17 Kg/cm² (0.11 Mpa) a los 0.30 min y concluyen la recolección de datos a las 8 hrs con un promedio de 33.97 Kg/cm² (3.33 Mpa) llegando al 12.13 % de la resistencia de diseño.

Figura 156. Curva de resistencias a la compresión inicial promedio cemento Yura HE antes de las 24 hrs.



Fuente: Elaboración propia.

4.3 Análisis comparativo de resistencia temprana en testigos cilíndricos de concreto lanzado extraídos con diamantina.

La resistencia temprana que se analizó después de las 24 hrs las determinamos con testigos extraídos de los paneles proyectados con shotcrete elaborado con yura IP y también con yura HE sometidos a pruebas de compresión axial, se calcularon los resultados a edades de 01,03 y 07 días, realizamos la comparación de los resultados obtenidos para cada edad y observar la evolución.

4.3.1 Análisis comparativo de resistencia temprana en testigos de concreto lanzado Edad :01 día.

En la tabla N°68 se compara los resultados de resistencias a corto plazo de edad 01 días entre resultados obtenidos con un ensayo a compresión axial entre los testigos extraídos de los paneles proyectados con cemento Yura IP y cemento Yura HE, para una mejor comprensión se presenta la figura 157.

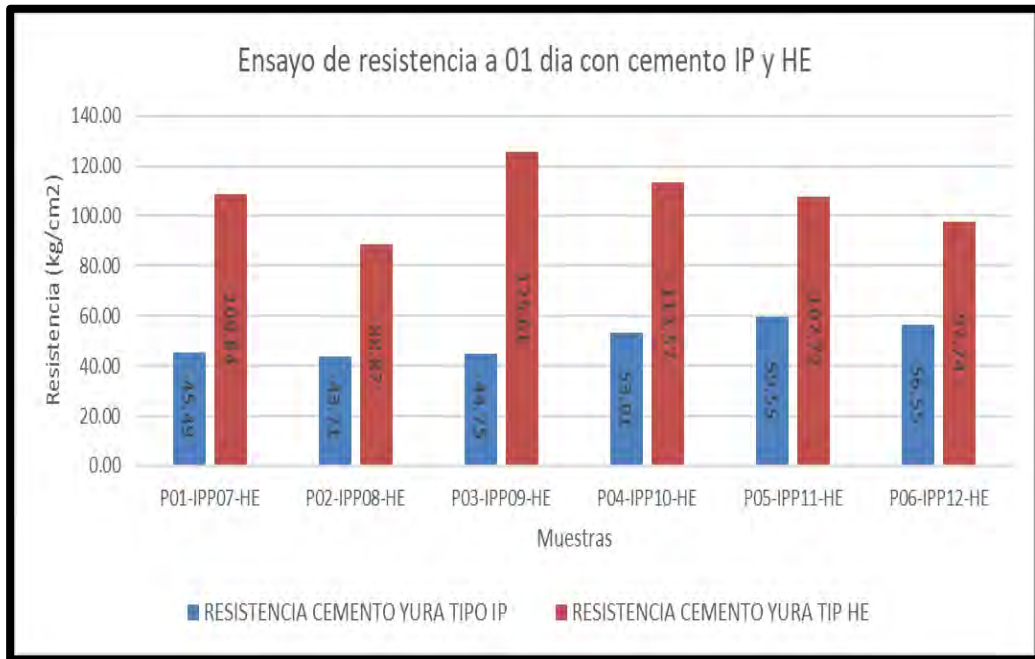
Con los datos de la tabla podemos obtener el promedio de resistencia de los 06 paneles proyectados con IP a edad de 01 día que fue de 18.03% y de los 06 paneles proyectados con HE que fue de 38.23%, nos permitió registrar que los paneles proyectados con Yura HE están un 20.20% por encima de los paneles proyectados con Yura IP.

Tabla N° 68. Comparativo de resistencia temprana - Edad :01 día - Yura IP y HE

	MUESTRA	P01-IP	P02-IP	P03-IP	P04-IP	P05-IP	P06-IP
RESISTENCIA CON CEMENTO YURA TIPO IP	EDAD (días)	1 día	1 día	1 día	1 día	1 día	1 día
	F'C ENSAYO f'c (kg/cm2)	45.49	43.71	44.75	53.01	59.55	56.55
	F'C %	16.25%	15.61%	15.98%	18.93%	21.27%	20.19%
	MUESTRA	P07-HE	P08-HE	P09-HE	P10-HE	P11-HE	P12-HE
RESISTENCIA CON CEMENTO YURA TIPO HE	EDAD (días)	1 día	1 día	1 día	1 día	1 día	1 día
	F'C ENSAYO f'c (kg/cm2)	108.84	88.87	125.61	113.57	107.72	97.74
	F'C %	38.87%	31.74%	44.86%	40.56%	38.47%	34.91%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 157. Gráfico comparativo - Edad :01 día - Yura IP y HE



Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Análisis comparativo de resistencia temprana en testigos de concreto lanzado Edad :03 días

En la tabla N°69 se compara los resultados de resistencias a corto plazo de edad 01 días entre resultados obtenidos con un ensayo a compresión axial entre los testigos extraídos de los paneles proyectados con cemento Yura IP y cemento Yura HE, para una mejor comprensión se presenta la figura 158.

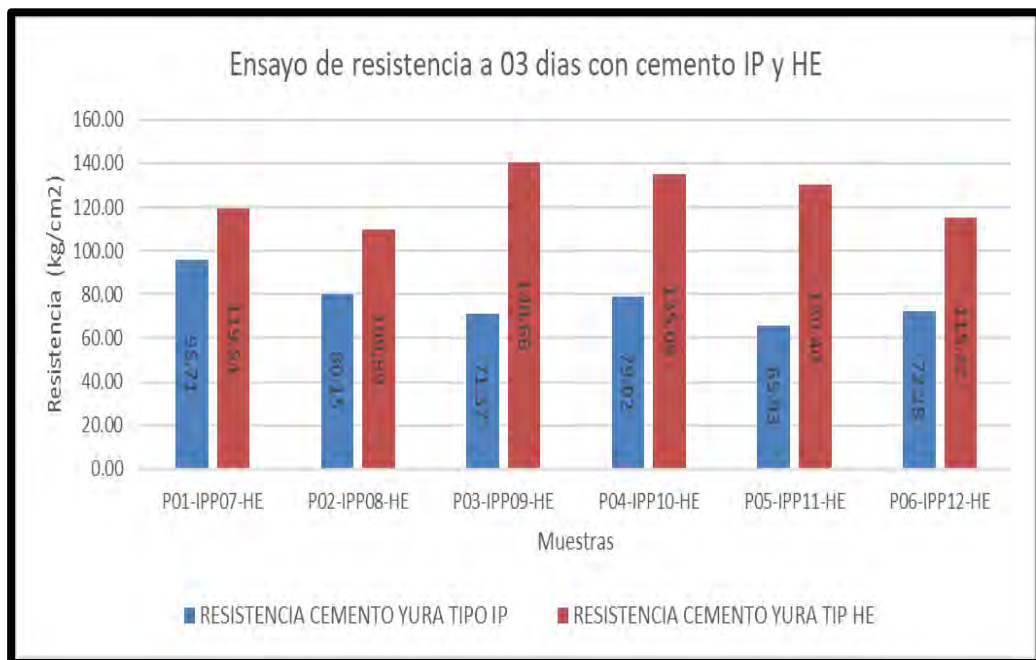
Con los datos de la tabla podemos obtener el promedio de resistencia de los 06 paneles proyectados con IP a edad de 03 día que fue de 27.65% y de los 06 paneles proyectados con HE que fue de 44.70%, nos permitió registrar que los paneles proyectados con Yura HE están un 17.05% por encima de los paneles proyectados con Yura IP.

Tabla N° 69. Comparativo de resistencia temprana - Edad :03 días - Yura IP y HE

	MUESTRA	P01-IP	P02-IP	P03-IP	P04-IP	P05-IP	P06-IP
RESISTENCIA CEMENTO YURA TIPO IP	EDAD (días)	3 días	3 días	3 días	3 días	3 días	3 días
	F'C ENSAYO f'c (kg/cm2)	95.71	80.15	71.37	79.02	65.93	72.28
	F'C %	34.18%	28.62%	25.49%	28.22%	23.55%	25.82%
	MUESTRA	P07-HE	P08-HE	P09-HE	P10-HE	P11-HE	P12-HE
RESISTENCIA CEMENTO YURA TIPO HE	EDAD (días)	3 días	3 días	3 días	3 días	3 días	3 días
	F'C ENSAYO f'c (kg/cm2)	119.54	109.89	140.66	135.08	130.40	115.32
	F'C %	42.69%	39.25%	50.24%	48.24%	46.57%	41.18%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 158. Gráfico comparativo - Edad :03 días - Yura IP y HE



Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Análisis comparativo de resistencia temprana en testigos de concreto lanzado Edad :07 días

En la tabla N°70 se compara los resultados de resistencias a corto plazo de edad 01 días entre resultados obtenidos con un ensayo a compresión axial entre los testigos extraídos de los paneles proyectados con cemento Yura IP y cemento Yura HE, para una mejor comprensión se presenta la figura 159.

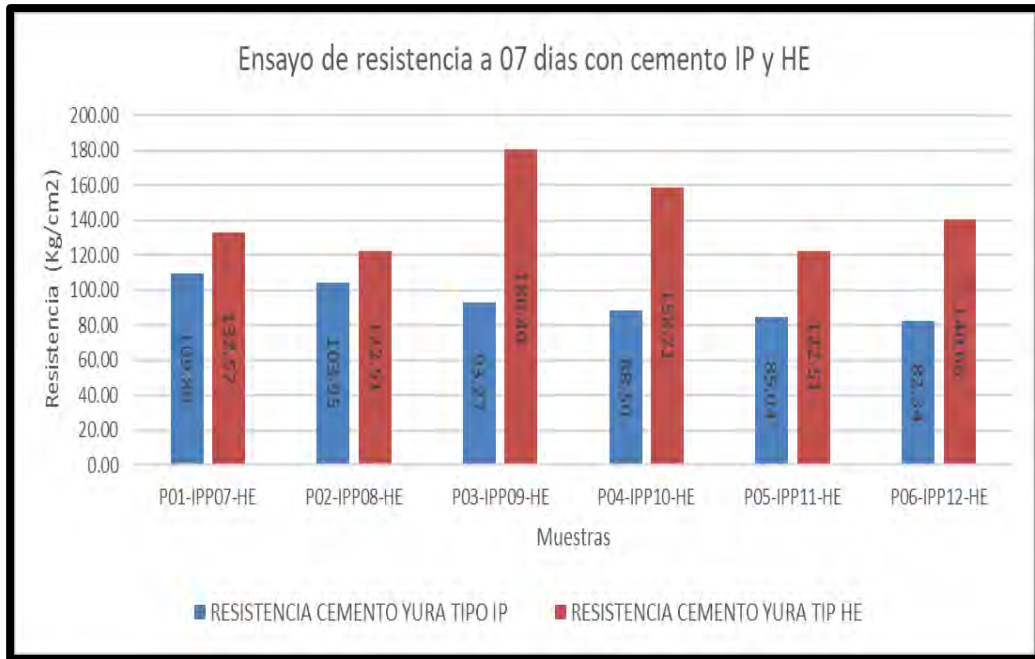
Con los datos de la tabla podemos obtener el promedio de resistencia de los 06 paneles proyectados con IP a edad de 07 día que fue de 33.51% y de los 06 paneles proyectados con HE que fue de 52.19%, nos permitió registrar que los paneles proyectados con Yura HE están un 18.68% por encima de los paneles proyectados con Yura IP.

Tabla N° 70. Comparativo de resistencia temprana - Edad :07 días - Yura IP y HE

		MUESTRA	P01-IP	P02-IP	P03-IP	P04-IP	P05-IP	P06-IP
RESISTENCIA CON CEMENTO YURA TIPO IP	EDAD		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días
	F'C ENSAYO f'c (kg/cm2)		109.89	103.95	93.27	88.50	85.04	82.34
	F'C %		39.25%	37.12%	33.31%	31.61%	30.37%	29.41%
		MUESTRA	P07-HE	P08-HE	P09-HE	P10-HE	P11-HE	P12-HE
RESISTENCIA CON CEMENTO YURA TIPO HE	EDAD		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días
	F'C ENSAYO f'c (kg/cm2)		132.57	122.51	180.40	158.71	141.95	140.70
	F'C %		47.35%	43.76%	64.43%	56.68%	50.70%	50.24%

Fuente: Elaboración propia.

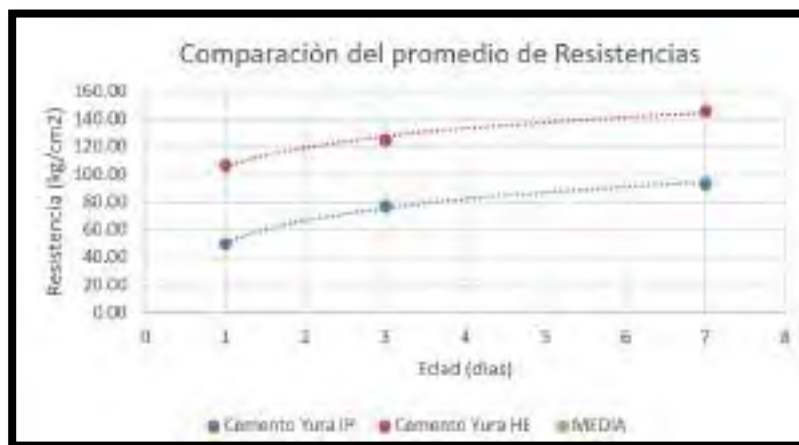
Figura 159. Gráfico comparativo - Edad :07 días - Yura IP y HE



Fuente: Elaboración propia.

La figura 160 muestra la comparación de las curvas que generan los resultados a edades de 01,03y 07 días, tenemos que el promedio de la resistencia a 7 días de los testigos extraídos de los paneles proyectados con cemento Yura IP es de 93.83 kg/cm² mientras que el promedio de resistencia a 7 días de los testigos cilíndricos extraídos de los paneles proyectados con cemento Yura HE es de 146.14 kg/cm².

Figura 160. Gráfico comparativo resistencias - Edad :01, 03 y 07 días - Yura IP y HE



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°71 se muestra el Resumen Ensayos de resistencia a la compresión a edades de 01, 03 y 07 días con Cemento Yura IP y HE

Tabla N° 71. Resumen resistencia temprana - Edad :01, 03 y 07 días.

EDAD	Resistencia IP Kg/cm2	Resistencia HE Kg/cm2
1	45.49	108.84
1	43.71	88.87
1	44.75	125.61
1	53.01	113.57
1	59.55	107.72
1	56.55	97.74
3	95.71	119.54
3	80.15	109.89
3	71.37	140.66
3	79.02	135.08
3	65.93	130.40
3	72.28	115.32
7	109.89	132.57
7	103.95	122.51
7	93.27	180.40
7	88.50	158.71
7	85.04	141.95
7	82.34	140.70

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Discusión.

Como objetivo específico se consideró determinar las resistencias iniciales antes y después de las 24hr del shotcrete $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ dosificado con cemento Yura IP y el shotcrete $f'c=280\text{kg/cm}^2$ dosificado con cemento Yura HE en la región del Cusco, en base a ello se estudió la norma ACI 506R “Guía de Shotcrete” del 2005.

En primera instancia la elaboración de diseños de mezcla en laboratorio (tandas de prueba) y el manipuleo de la mezcla permitieron establecer una dosificación estándar, conocer las consecuencias de la interacción de material cementante (450 Kg/cm^2) con el agregado y los aditivos, se deben tener como finalidad de mantener estándares de trabajabilidad y durabilidad ($A/C = 0.5$).

Luego la metodología de aplicación y proyección de concreto lanzado ha sido la de vía húmeda por establecer más ventajas sobre los demás métodos de aplicación en especial el control de calidad de mezcla, el bajo porcentaje de rebote y la baja polución en el momento de la aplicación.

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran una resistencia temprana más rápida de manifestación de esta propiedad en el concreto lanzado preparado con cemento Yura tipo HE, mientras que los resultados obtenidos con cemento Yura tipo IP muestran una respuesta más lenta de la resistencia temprana del concreto con el cemento Yura tipo IP; en efecto hasta las 8 horas la resistencia temprana con el cemento Yura HE es de 3.13% mayor a la resistencia ofrecida por el concreto dosificado con el cemento Yura tipo IP.

Los resultados observados después de las 24 horas (edad del concreto lanzado o Shotcrete de 280 kg/cm^2 a 01 día) es de 20.20% mayor al concreto dosificado con cemento Yura tipo IP. Así mismo, la resistencia a corto plazo nos da resultados de 17.05% mayor para el concreto lanzado dosificado con cemento Yura tipo HE a los 3 días y de 18.68% para el concreto lanzado con cemento Yura tipo HE a los 7 días, ambos mayores al concreto dosificado con cemento Yura IP.

Los resultados de la presente investigación se encuentran dentro de los rangos que presenta la Guía Chilena del Hormigón Proyectado publicado por el Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (2015); quienes han referenciado que, el desarrollo de la resistencia del hormigón proyectado puede ser descrito como un efecto de dos procesos químicos principales, uno de ellos, se da en la mezcla entre el hormigón fresco y el aditivo acelerante en la boquilla, por donde se proyecta. Esta reacción se denomina resistencia inicial, que puede durar aproximadamente de 0 a 3 horas (rango de resistencia 0.1 a 1.2 MPa) y que se superpone con un fuerte aumento de la resistencia a la compresión, debido a la reacción de hidratación del cemento, denominada resistencia temprana 3-24 hrs (rango de resistencia 1.2 a 16 Mpa) y la Resistencia Final medida en testigos de 7 a 28 días (rango de resistencia 16 a 100 Mpa).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones y recomendaciones

Con la presente investigación se concluye el desempeño diferenciado del comportamiento del shotcrete o concreto lanzado elaborado con cemento yura tipo HE y cemento yura tipo IP, Los resultados obtenidos muestran para una resistencia temprana un comportamiento más rápido de manifestación de esta propiedad en el shotcrete dosificado con cemento yura tipo HE, mientras que los resultados obtenidos con cemento yura tipo IP muestran una respuesta más lenta de la resistencia temprana del concreto lanzado; en efecto antes de las 24 horas la resistencia temprana con el cemento yura HE es de 3.13% mayor a la resistencia ofrecida por el concreto dosificado con el cemento yura tipo IP.

Los resultados observados después de las 24 horas (edad del concreto 01 día) es de 20.20% mayor al concreto dosificado con cemento yura tipo IP.

Así mismo, la resistencia a corto plazo a edades de 3 y 7 días observados nos da resultados de 17.05% mayor para el concreto lanzado dosificado con cemento yura tipo HE a los 3 días y de 18.68% para el concreto lanzado con cemento yura tipo he, ambos mayores al concreto dosificado con cemento yura IP.

La experiencia adquirida durante el manipuleo de repetidas pruebas previas con diferentes dosificaciones en cancha de este tipo de concreto, tanto con el cemento yura tipo HE y el cemento yura tipo IP , permite la observación del desempeño del concreto lanzado o shotcrete para condiciones medioambientales, de temperatura, humedad, entre otros en la región del cusco para su uso, permite dar sugerencias respecto al desarrollo del calor de hidratación que se desarrolla dentro del concreto en el proceso de fraguado, la cohesión y adherencia del concreto shotcrete en estudio lanzado experimentalmente sobre un sustrato vertical in situ.

Cabe indicar que el método de aplicación para de este tipo de concreto en obra elegido es el de vía húmeda, con la utilización de equipos electromecánicos, con características específicas para este tipo de trabajo, la elección de este método radica en sus ventajas con el control de la dosificación asegurando la calidad , bajo rebote en la proyección, baja contaminación en la zona de trabajo , y los nuevos equipos se adaptan mejor a la proyección de altos volúmenes, producto de ello se sugiere la utilización del método utilizado en esta investigación por ser adecuado para las condiciones de nuestra región.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- Concreto Lanzado - *Shotcrete*, concreto colocado por proyección neumática de alta velocidad desde una boquilla.
- Concreto – *concrete*, material compuesto que consiste esencialmente en un medio ligante dentro del cual hay partículas de agregados, generalmente una combinación de agregado grueso y fino, el ligante es una mezcla de cemento portland y agua. En su estado endurecido presenta buenas propiedades aislantes y de resistencia.
- Asentamiento – *Slump*, medida de la consistencia del concreto en estado fresco, con el uso del cono de Abrams, es el descenso del concreto en estado plástico, el que se ha colocado en un cono de metal normalizado y después de que el cono de metal ha sido llenado, compactado y levantado verticalmente de acuerdo a las normas correspondientes ASTM C143.
- Acelerante - *accelerator*- aditivo que normalmente se añade en la boquilla del concreto proyectado con el efecto primario de aumentar la velocidad de fraguado del cemento, reducir la fluidez y provocar una rápida rigidización.
- Adherencia - *adherencia / bond* - característica que posee el concreto proyectado de pegarse al sustrato después de ser neumáticamente proyectado a través de una boquilla.
- Aditivo Super Plastificante, es un aditivo que, sin modificar la consistencia, permite reducir fuertemente el contenido en agua de un determinado Concreto, o que, sin modificar el contenido en agua, aumenta considerablemente el asiento, o ambos efectos a la vez.
- Boquilla o Pitón - *nozzle / gun* - término general utilizado para el dispositivo situado al final de la línea de transporte, a través del cual se proyecta la mezcla.
- Cemento portland tipo IP – *Type IP portland cement*, es un cemento adicionado debido a su combinación con puzolana es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso, cumple con las normas NTP 334.009 y la ASTM C150.
- Cemento portland tipo HE – *Type HE portland cement*, El cemento Yura Tipo HE, es un cemento hidráulico adicionado al igual que el IP, pero posee la nomenclatura HE debido a la solicitud de la performance para este cemento en la NTP 3334.82.
- Cohesión - *cohesion* – capacidad de los materiales componentes del mortero o concreto para mantenerse mezclados de manera homogénea cuando son transportados, manipulados, descargados, bombeados o proyectados a través de la boquilla.
- Control de calidad – *quality control*, acciones que toma un fabricante o contratista para implementar un control sobre lo que se fabrica de manera de seguir las normas.
- Curado – *curing*, mantenimiento de un contenido de humedad y una temperatura satisfactorios en el concreto, durante sus edades tempranas, de manera que se puedan desarrollar sus propiedades deseadas.
- Docilidad: Esta propiedad - *docility*, está asociada con la trabajabilidad, para el shotcrete la trabajabilidad tiene que ser óptima, regular, uniforme y garantizada en todo momento de la aplicación porque define su capacidad de bombeo o capacidad de proyección neumática.

- Durabilidad - *durability*, La capacidad de concreto proyectado para resistir en su tiempo de servicio influencias agresivas en su entorno como el clima, la humedad, la abrasión, y capacidad de impermeabilidad.
- Especificación por Desempeño - *performance based specification* – especificación técnica en que se explicitan las características de funcionamiento del concreto proyectado, por ejemplo, resistencia mecánica a compresión, resistencia a una edad particular, resistencia a flexión, densidad, tenacidad, etc., sin prescribir la forma en que ésta debe alcanzarse.
- Exudación - *bleeding* - movimiento del agua desde el interior de la masa de concreto hacia la superficie como resultado de la separación de la fase líquida de ingredientes sólidos en la mezcla.
- Fluencia lenta - *Slow creep*, Deformación en el tiempo del material que constituye el shotcrete sea lenta, similar a un concreto convencional de buena calidad, esto a causa de la relación agua/cemento muy baja que propone los diseños de shotcrete.
- Hidratación - *hydration* - reacción química entre el cemento y agua en el concreto.
- Módulo de fineza – *fineness modulus*, factor que se obtiene sumando los pesos retenidos totales, de la muestra en los tamices descritos en la norma.
- Mortero - *mortar* – mezcla cementicia cuyo tamaño nominal del árido es de 5 mm o inferior.
- Pasada - *pass* – área de movimiento de la boquilla durante la operación de proyección del concreto. Una capa de concreto proyectado es usualmente construida haciendo varias pasadas.
- Proyección por vía húmeda - *wet mix shotcrete* - es una técnica en la que el cemento, áridos y agua para una amasada se mezclan antes de introducirlos en el equipo de proyección. Esta mezcla es transportada a través de un conducto hacia una boquilla desde donde es proyectada en forma neumática a su lugar de colocación.
- Proyección por vía seca - *dry mix shotcrete* - es una técnica en la que el cemento y los agregados se mezclan e introducen dentro un equipo adecuado de proyección, donde la mezcla es presurizada e introducida dentro de un flujo de aire comprimido y transportada a través de tuberías o mangueras hacia una boquilla donde se introduce agua para hidratar la mezcla, que luego es proyectada continuamente a su lugar de colocación.
- Relación agua / cemento *wáter / cement ratio* - proporción entre la cantidad de agua libre en la mezcla y la cantidad de cemento (en peso).
- Resistencias a la compresión Temprana - *Early Compressive Strengths*, resistencia a la compresión del concreto proyectado, esta característica es depende directamente de la relación agua/cemento, según la Guía Chilena de Hormigón Proyectado (2014:30) esta resistencia está alrededor de 0.35 y 0.4 para obras civiles y subterráneas.
- Sustrato *substrate* - superficie sobre la que el concreto proyectado es colocado. Por ejemplo, suelo o roca. Incluye estructuras como marcos o armaduras cuando existen.
- Tenacidad - *toughness* – la tenacidad es una medida del comportamiento post agrietamiento del concreto. Se mide a través de la energía acumulada bajo la curva carga-deflexión en una muestra sometida a ensayo de flexión o tracción, a través de la resistencia residual u otro parámetro derivado a partir de dicha curva.
- Kg/cm² : Kilogramos por centímetro cuadrado.
- MPa : Megapascal.

- Psi : Pound per square inch (libras por pulgada cuadrada).
- mm : Milímetros.
- N : Newtons
- KN : Kilonewtons
- Kg : Kilogramo.
- f'c : Resistencia característica.
- Bar (bares): Medida de presión. Equivalencia: 1 bar = 1.0198 kg/cm².
- Voltios: Unidad de flujo eléctrico.
- Hertz : Unidad de frecuencia eléctrica.
- Joules : Unidad de energía
- P.U. : Peso unitario (peso entre volumen)

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ACI 506 R-90 (1995) (Instituto Americano del Concreto) “Guía de Shotcrete”. Reported by ACI committee 506.
- SHOTCRETE-Guía Chilena de Hormigón Proyectado (2015) (segunda edición)- Instituto del cemento y del hormigón de Chile
- EFNARC (1999) “Especificación Europea para Concreto Proyectado”
- ACI 506.2 (1995) “Especificaciones para Shotcrete”
- ACI 506.1R (1998) (Instituto americano del Concreto) “Hormigón reforzado con fibra”
- NTP 334.001 (Norma técnica peruana) CEMENTOS, definiciones y nomenclatura.
- NTP 334.009 (Norma técnica peruana) CEMENTOS, cemento portland requisitos.
- ASTM C150 (American Society of Testing Materials) “Especificación normalizado para cemento portland”.
- NTP 334.090 (Norma Técnica peruana) Cementos Portland Adicionados, requisitos.
- NTP 334.082 (Norma Técnica Peruana) “Cementos Portland, especificaciones para la performance”.
- NTP 339.198 (Norma Técnica Peruana) “Especificaciones Normalizadas para materiales de Concreto Proyectado.
- NTP 334.088 (Norma Técnica Peruana) “Cementos. Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón (concreto)”.
- ACI 221.1 (Instituto Americano de concreto) “Práctica estándar para selección de proporciones para concreto pesado normal y en masa”.
- ASTM C191 (American Society for Testing and Materials) “Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico usando aguja vicat”.
- NTP 400.037 (Norma técnica peruana)” Especificaciones para agregados de concreto”.
- ASTM C330 (American Society for Testing and Materials)” Especificaciones normalizadas para agregados livianos para concreto estructural.
- NTP 400.018 (Norma técnica peruana)” Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado N°200 por lavado en agregados”.
- MTC E 202 (Manual de ensayo de materiales) “Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 por lavado”.
- NTP 400.012 (Norma técnica peruana)” Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”
- NTP 400.022 (Norma técnica peruana)” Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa y absorción de agregado fino”.
- ACI 211.1 (Instituto americano de concreto) “Práctica estándar para selección de proporciones para concreto pesado normal y en masa”
- ASTM C1140/C1140M-11. (2011). Preparing and Testing Specimens from Shotcrete Test Panels. USA: ASTM International
- NTP339.185 (Norma técnica peruana)” AGREGADOS, Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”
- MTC E 215 (Manual de ensayo de materiales)” método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado”
- ASTM C 143-12, (American Society of Testing Materials) Método de ensayo normalizado para asentamiento de concreto cemento hidráulico.
- MTC E 705 (Manual de ensayo de materiales) “Asentamiento del concreto (Slump)”

- ASTM C42/42M-16 Método de ensayo. Obtención y ensayo de núcleos perforados y vigas aserradas de concreto
- ASTM C403 (American Society for Testing and Materials) “método de ensayo para determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por su resistencia a la penetración”
- PASQUEL CARBAJAL E. (1997) Tópicos de tecnología del concreto, Colegio de Ingenieros del Perú.
- BERESOVSKY DE LA CASAS, A. (2011). Estudio Experimental del Comportamiento por desempeño de concreto lanzado reforzado con fibras metálicas. (Tesis Profesional, PUCP, Perú).
- ARAGON QUISPE M. CORNEJO MAMANI M. (2017) . Investigación de la Influencia de las fibras en shotcrete en su capacidad de absorción de energía y resistencia a la flexión (Tesis Profesional, UNSA, Perú)
- BOCANEGRA RODRIGUEZ A. (2015) Investigación del proceso constructivo de concreto proyectado para estabilización de taludes en la obra del túnel debajo del río Rímac, Lima
- Metodología de la investigación,1991 (Quinta Edición) -Roberto Hernández Samperi, Carlos Fernández Collado, Pilar Baptista Lucio, México

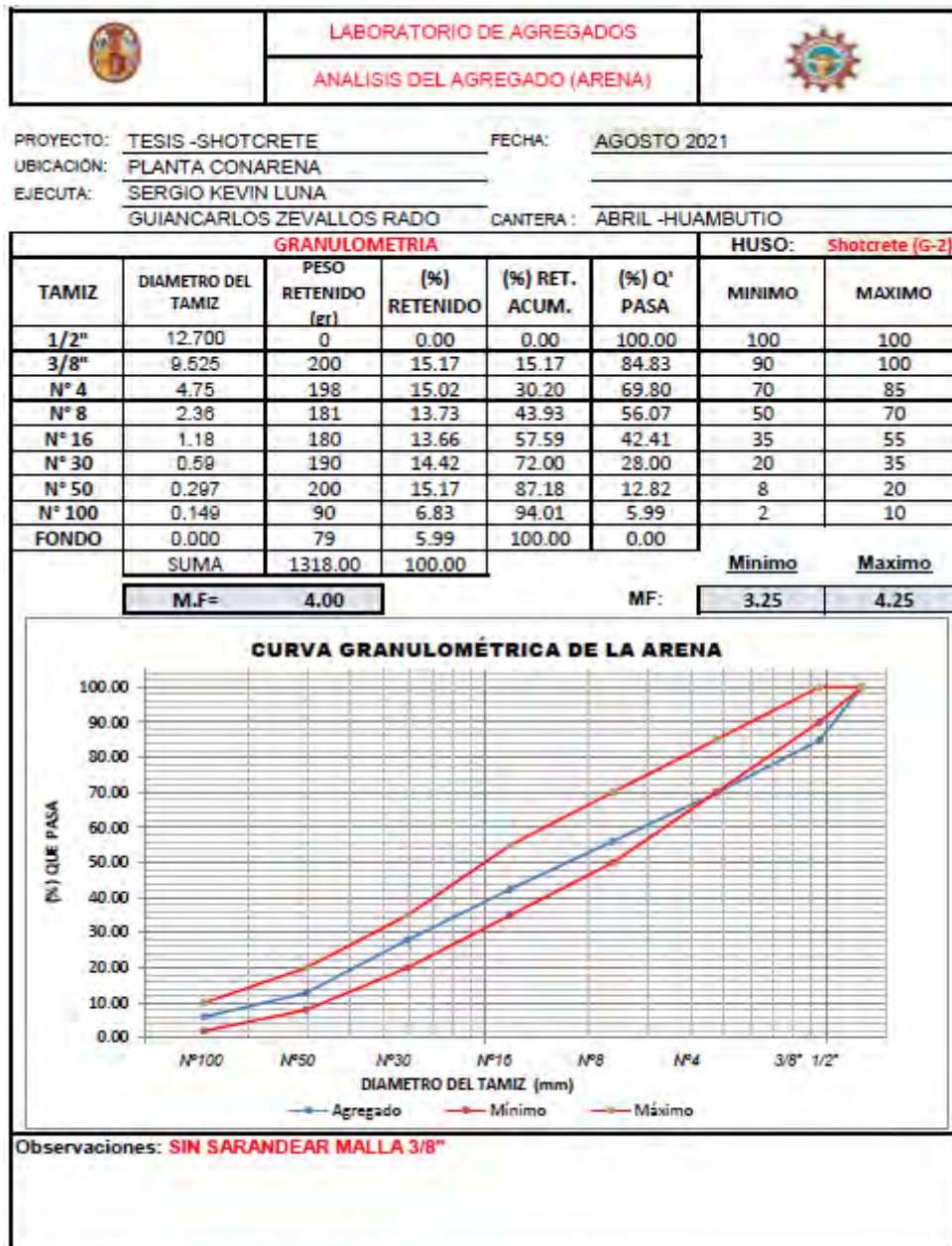
ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS DE ENSAYOS A LOS AGREGADOS

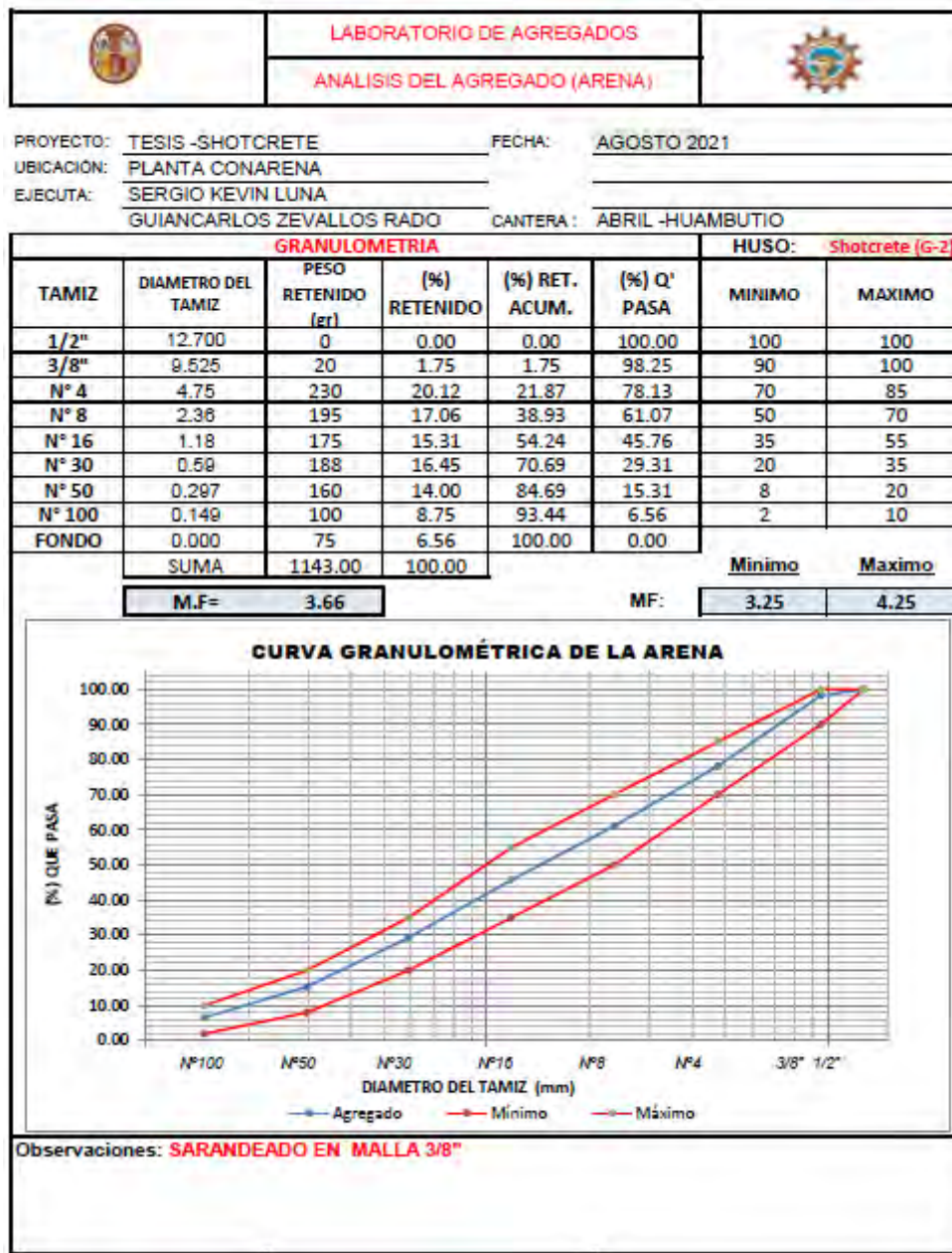
ANEXO A.3: Ensayos agregado fino.

A.1.1. Análisis granulométrico.

A.1.1.1. Análisis granulométrico sin zarandear con malla 3/8”.





A.1.1.2. Análisis granulométrico zarandeado con malla 3/8”.



A.1.2. Propiedades físicas finales de los agregados.

Peso específico, Cantidad de material fino que pasa el tamiz n° 200.

	LABORATORIO DE AGREGADOS	
	ANÁLISIS DEL AGREGADO (ARENA)	

PROYECTO: TESIS -SHOTCRETE FECHA: AGOSTO 2021
 UBICACIÓN: PLANTA CONARENA
 EJECUTA: SERGIO KEVIN LUNA
GUIANCARLOS ZEVALLOS RADO CANTERA: ABRIL -HUAMBUTIO

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO			
PESO ESPECÍFICO		CONTENIDO DE HUMEDAD	
Muestra s.s.s =	500 gr	Arena Humeda =	1852.00 gr
Peso folia + agua	652 gr	Arena seca =	1794.00 gr
F. folia + P. sss + Agua	985 gr	Humedad =	3.23 %
Volumen sss	187 cm ³	Factor de humedad =	1.63 %
Muestra seca =	492 gr	MALLA 200	
P.E m =	2.631 gr/cm³	Arena Seca =	1030 gr
P.E sss =	2.674 gr/cm³	Arena lavada seca =	982 gr
Absorción =	1.600 %	% FINOS =	4.54 %
Observaciones: MATERIAL SARANDEADO EN MALLA 3/8"			

ANEXO B: DISEÑOS DE MEZCLA ESTÁNDAR.

ANEXO B.1: Diseño de mezcla estándar $f'c=280$ kg/cm² con cemento yura IP 09/12/2021.

		TESIS -SHOTCRETE		Fecha Emision	09/12/2021		
		PROYECCION DE SHOTCRETE YURA IP		Hora proyeccion	10.45 am		
				hora final	11.30 am		
PROYECTO:	TESIS -SHOTCRETE		FECHA:	09/12/2021			
UBICACIÓN:	PLANTA CONARENA						
EJECUTA:	SERGIO KEVIN LUNA						
	GUIANCARLOS ZEVALLOS RADO		CANTERA:	ABRIL -HUAMBUITO			
Diseño del concreto							
Código de ensayo : 01							
CEMENTO				A/C = 0.500			
MARCA y TIPO		Dosis de SH-6-N		0.800%			
YURA 1P		Dosis de					
				M.F	%ABS.	%HUM.	
				ARENA	3.32	5.41	
Material	P.E (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Diseño seco para 1m ³	Diseño s.s.c para 1m ³	Correc. por humid.	Diseño correg. para 1m ³	Diseño corregido para Laboratorio
Cemento	2850	0.1579	450 kg	450 kg		450 kg	63.75 kg
Agua	1000	0.2250	248 L	226.0 kg		170 L	24.14 kg
Arena	2631	0.5539	1434 kg	1457 kg	55	1512 kg	214.17 kg
SH-6-N	1120	0.0032	3.60 kg	3.60 kg		3.6 kg	509.96 gr.
Ø		0.0000	0 kg	0 kg		0.0 kg	0.00 gr.
Adicion	7580	0.0000	0 kg	0 kg		0.0 kg	0.00 kg
Aire	100	0.0600	6.0 %	6.00 %		6.0 %	6.00 %
Total		1.0000	2136	2136		2136	302.570

ANEXO B.2: Diseño de mezcla estándar $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con cemento yura HE 10/12/2021.

	TESIS -SHOTCRETE		Fecha Emisión	10/12/2021			
	PROYECCION DE SHOTCRETE YURA HE		Hora proyeccion	11:25 am			
			hora final	12:00 pm			
PROYECTO:	TESIS -SHOTCRETE		FECHA:	10/12/2021			
UBICACIÓN:	PLANTA DONARENA						
EJECUTA:	SERGIO KEVIN LUNA						
	GUANCARLOS ZEVALLOS RADO		CANTERA :	ABRIL -HUAMBUITO			
Diseño del concreto							
Código de ensayo ; 01							
CEMENTO		A/C = 0.500					
MARCA y TIPO:		Dosis de SH-6-N		M.F %ABS. %HUM.			
YURA 1P		Dosis de		ARENA 3.32 1.00 5.12			
Material	P.F (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Diseño seco para 1m ³	Diseño s.s.a para 1m ³	Correc. por humid.	Diseño correg. para 1m ³	Dicubo corregido para Laboratorio
Cemento	2930	0.1536	450 kg	450 kg		450 kg	63.75 kg
Agua	1000	0.2250	248 L	225.0 kg		174 L	24.66 kg
Arena	2631	0.5582	1446 kg	1469 kg	51	1520 kg	215.26 kg
SH-6-N	1120	0.0032	3.60 kg	3.60 kg		3.6 kg	500.96 gr.
Ø		0.0000	0 kg	0 kg		0.0 kg	0.00 gr.
Adicion	7960	0.0000	0 kg	0 kg		0.0 kg	0.00 kg
Aire	100	0.0600	6.0 %	6.00 %		6.0 %	6.00 %
Total		1.0000	2147	2147		2147	304.177

ANEXO C: FICHAS TÉCNICAS DE LOS INSUMOS.

C.1 Ficha técnica del cemento portland IP.

FICHA TÉCNICA 2021 / V.1



IP
CEMENTO
MULTI-PROPÓSITO
Alta
Durabilidad

DESCRIPCIÓN

EL CEMENTO MULTI-PROPÓSITO DE ALTA DURABILIDAD YURA IP es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente debido a que en su producción se reduce instantáneamente la emisión de CO₂, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, pasta de natural de origen volcánico de alta reactividad y peso. Esta mezcla se molida industrialmente en molinos de última generación logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental (ISO 14001), asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP tenga propiedades especiales que mejoran a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA DURABILIDAD, permitiendo que al concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también puede resistir el ataque del intemperismo ataques químicos (agua salada, sulfatos, ácidos, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión o abrasivos de desgaste.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general, especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

DURABILIDAD

Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de este para resistir la acción agresiva del medio ambiente y la rotura prematura durante su vida útil.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITO NORMAS CLASIFICACIÓN	CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP (IP)	REQUISITOS MÍNIMOS NTP 304.001 (ESTRUC-01)				
Modulo		0.03 Mpa				
W, (%)	1.5 a 3.0	4.5 (M30)				
Resistencia por compresión	(3 a 4)	5.0 (M4)				
RESISTENCIA A TRACCIÓN						
Porcentaje de tracción	2.75 a 3.25					
Temperatura ambiente	1.01 a 6.05	0.27 a 0.28				
Resistencia a tracción (residual)	1.70 a 2.70	0.5 a 0.20				
Comportamiento	3.5 a 8.0	1.5 (M4)				
RESISTENCIA A COMPRESIÓN						
	MPa	MPa				
3 Meses	475 a 505	47.5 a 50.5	03 M4	13	122 MPa	03 M4
7 Meses	425 a 455	42.5 a 45	204 M4	26	124 MPa	204 M4
28 Meses	375 a 345	37.5 a 33.5	258 M4	25		
RESISTENCIA A TRACCIÓN						
Resistencia a tracción	~ 0.04	0.05 Mpa				
Resistencia a tracción	< 0.03	0.10 Mpa				



COMPARATIVO CON REQUISITOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE NORMAS TÉCNICAS



OTRAS PROPIEDADES

1 ALTA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Debido a su contenido de puzolana natural de origen volcánico, la cual tiene mayor superficie específica interna en comparación con otros tipos de puzolanas, hacen que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP desarrolle con el tiempo resistencias a la compresión superiores a las que ofrecen otros tipos de cemento.

Los silicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidrofílicos que le dan una resistencia adicional al concreto, superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana.

CON CEMENTO TIPO I



El cemento Tipo I produce un 75% de hidróxido de calcio, restando al resto 25% de hidróxido de calcio que no ofrece resistencia y es susceptible a los ataques químicos, produciendo erosiones y/o grietas.

CON CEMENTO MULTI-PROPÓSITO DE ALTA DURABILIDAD YURA IP

Hidróxido de calcio reacciona con la puzolana

Reacción puzolánica produce más silicatos



La puzolana que contiene el cemento MULTI-PROPÓSITO YURA IP reacciona con el hidróxido de calcio, produciendo más silicatos de calcio, lo que otorga mayor resistencia, sellando los poros haciendo al concreto más impermeable.



2 RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS Y CLORUROS

El hidróxido de calcio, liberado en la hidratación del cemento, reacciona con los sulfatos de calcio deshidratado que genera una expansión del 18% de produce también etringita que es el compuesto causante de la fisuración del concreto.

Debido a la capacidad de la puzolana de Yura para fijar este hidróxido de calcio liberado a su mayor impermeabilidad, el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP es resistente a sulfatos, cloruros y al ataque químico de otrosiones agresivos.

Resultados de laboratorio demuestran que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP tiene mayor resistencia a los sulfatos que el cemento Tipo V.

3 MAYOR IMPERMEABILIDAD

El CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP, produce mayor cantidad de hidroxido de calcio, debido a la reacción de los silicatos de la puzolana con los hidroxido de calcio producidos en la hidratación del cemento, disminuyendo la porosidad capilar, así el concreto se hace más impermeable y protege a la estructura física de la construcción.

4 REDUCIR LA REACCIÓN NOCTIVA AL OMI - AGREGADO

La puzolana de Yura remove los iones de la pasta de cemento antes que estos puedan reaccionar con los agregados evitando así la fisuración del concreto debido a la reacción expansiva álcali - agregado, ante la presencia de agregados átrial reactivos.

El ensayo de expansión de mortero es un requisito opcional de los cementos portland puzolánicos y se solicita cuando el cemento es utilizado con agregados álcali reactivos.

El CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP cumple con este requisito adicional demostrado en ensayos de laboratorio. Así se demuestra la efectividad de su puzolana en controlar la expansión causada por la reacción entre los agregados reactivos y los álcalis del cemento.



5 RECOMENDACIONES DE USO

- Curado adecuado con abundante agua.
 - Mantener húmedada la superficie para lograr la mayor resistencia y evitar fisuramiento por excesivo secado.
 - Tomar precauciones para el adecuado curado en vacados cuando se presentan bajas temperaturas.
- Reservarse siempre con un profesional de la construcción/ingeniero civil.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular, grave, evita el contacto directo en piel y mucosas.

En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.

En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.

Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:

BENEFICIOS AMBIENTALES

- Menor emisión de gases de efecto invernadero durante su fabricación

- Cemento fabricado con menor emisión de CO₂.



Botas Impermeables



Protección Respiratoria



Gautes Impermeables



Protección Ocular



ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, bajo techo, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 palet de altura.

PRESENTACIONES DISPONIBLES

Bolsas 25 Kg	Ergonómica. Ideal para proyectos pequeños y pocas áreas de almacenamiento.
Bolsas 42.5 Kg	Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
Big Bag 1.0 TM	Para proyectos de construcción que tienen gran cantidad de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
Big Bag 1.5 TM	Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
Granel	Abastecido en bodegas para descargar en silos contenedores.

NORMAS TÉCNICAS

NORMA DE PAIS	Norma	DENOMINACIÓN	
NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 334.050	Cemento Portland Pozolánico	TIPO IP
NORMA CHILENA	NCh 148 OF 88	Cemento Pozolánico	GRADO CORRIENTE
NORMA AMERICANA	ASTM C595	Portland Pozzolam Cement	TYPE IP
NORMA BOLIVIANA	NB-611	Cemento Pozolánico	TIPO P 30
NORMA ECUATORIANA	NTE INEN 690	Cemento Portland Pozolánico	TIPO IP
NORMA BRASILEÑA	NBR 5736	Cimento Portland pozolánico	TIPO CP IV 32
NORMA COLOMBIANA	NTC 121 - 321	Cemento Portland	TIPO IC

DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 90 días de la fecha de emisión indicada en la bolsa; luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

YURA

Colócalos juntos el med
Big Bag: te sugiere desotlar como la
Bolsas: te sugiere recibir



C.2 Ficha técnica del cemento portland HE.

FICHA TÉCNICA 2021 / V.1



HE CEMENTO INDUSTRIAL Ultra Resistencia Inicial

DESCRIPCIÓN

El CEMENTO INDUSTRIAL DE ULTRA RESISTENCIA INICIAL YURA HE es un cemento portland de última generación, elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce la emisión de CO₂, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de clínker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura.

La fabricación en cementera bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

La composición de este producto permite la producción de concretos con requerimientos de altas resistencias iniciales, mejorando propiedades adicionales para lograr alta durabilidad por lo que puede ser utilizada en obras de infraestructura y construcción en general.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

INDICADOR TÉCNICO	Propiedades Normas Técnicas NTP 334.002 (ASTM C 150)	Características Técnicas HE	Propiedades Normas Técnicas NTP 334.002 (ASTM C 150)	
Peso específico (gr/cm ³)	-	2.90 a 3.0	2.75 Máximo	
Superficie específica Blaine (cm ² /gr)	-	4400 a 5000	2500 Mínimo	
Expansión en autoclave (%)	0.20 Máximo	-0.03 a -0.04	0.60 Máximo	
Fraguado Vicat inicial (minutos)	45 a 420 Mínimo	140 a 200	45 a 375 Mínimo	
Contenido aire Nuctero (%)	12 Máximo	3.0 a 7.0	12.00 Máximo	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²	MPa
1 día	122	12	190 a 160	12.7 a 15.7
3 días	245	24	250 a 300	24.5 a 29.4
7 días	-	-	310 a 380	30.4 a 37.2
28 días	-	-	410 a 440	40.2 a 43.1



PROPIEDADES

El CEMENTO INDUSTRIAL YURA TIPO HE - ULTRA RESISTENCIA INICIAL, por su formulación especial, proporciona al concreto las siguientes propiedades:

- Alta resistencia inicial.
- Aumento de impermeabilidad.
- Mejor talón de hidratación.
- Mayor plasticidad y trabajabilidad en concreto.

BENEFICIOS AMBIENTALES

- Menor consumo de agua.
- Menor emisión de gases de efecto invernadero durante su producción.

RECOMENDACIONES DE USO

Curado adecuado con abundante agua.

- Mantener húmeda la superficie para lograr la mayor resistencia y evitar fisuramiento por excesivo secado.
- Tomar precauciones para el adecuado curado en vacíos cuando se presenten bajas temperaturas.
- Asesorarse siempre con un profesional de la construcción/ingeniero civil.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- El contacto con este producto provoca irritación cutánea o irritación ocular grave. Evite el contacto directo en piel y mucosas.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.
- Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



Botas impermeables



Protección Respiratoria



Guantes impermeables



Protección Ocular

ALMACENAMIENTO

Para mantener al cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, bajo techo, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlo contra la humedad y contra el polvo aéreo.

En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.

No aplicar más de 10 toneladas por 1 paquete de 50 kg.

PRESENTACIONES DISPONIBLES

50kg (25 x 2kg)	Ideal para proyectos medianos y pequeños, y con espacios confinados, y pocas áreas de almacenamiento.
Big Bag 1.0 TM	Para proyectos de construcción que requieren planeación controlada. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
Big Bag 1.5 TM	Para proyectos medianos y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
Granel	Disponibilidad de suministro para descargar en silos cementeros.

NORMAS TÉCNICAS

PAIS	NORMA	DENOMINACION	
NORMA TÉCNICA PERUANA	NTF 334 002	Cemento Portland	TIPO HE
NORMA CHILENA OFICIAL	NCh 100.0f 08	Cemento Portland Puzolánico	GRADO ALTA RESISTENCIA
NORMA AMERICANA	ASTM C1157	Portland Cement	TIPO HE
NORMA BOLIVIANA	NB-011	Cemento Portland Con Puzolana	TIPO IP 40
NORMA ECUATORIANA	NTE INEN 2380	Cemento Hidráulico	TIPO HE
NORMA COLOMBIANA	NTC 721 - 321	Cemento Portland	TIPO ART

DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

C.3 Ficha técnica del aditivo Súper Plastificante SH-6 (ULMEN).



SH-6

Aditivo hiperplastificante. Código artículo 12458

Hoja de Datos HD-10-19
Revisión: 1
Fecha de Revisión: 01/01/19
Página: 11 de 11

DESCRIPCIÓN

SH-6 es un nanoaditivo en estado líquido, de alta efectividad por los nano materiales de última generación que lo componen.
Pertenece a la línea GAIA NANOSILICE, donde las reacciones químicas en el hormigón convierten las nanopartículas de sílice en nanopartículas de cemento.
SH-6 ha sido diseñado especialmente para usar en los shotcrete de alta exigencia.

Según las normas ASTM C494 y NTP 334.089, cumple con la clasificación TIPO F – Aditivo Reductor de Agua de Alto Rango y TIPO G-Aditivo Reductor de Agua de Alto Rango retardante.

CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS

- Disminuye la permeabilidad del concreto.
- Permite una optimización del costo de producción de concreto.
- Brinda un incremento en las resistencias mecánicas iniciales.
- Debido a su composición química brinda una adecuada cohesividad en la mezcla de concreto o mortero.
- Presenta alta mantención de la fluidez.
- Brinda una mejora en la durabilidad.
- Optimiza el proceso de lanzamiento, disminuyendo el porcentaje rebote y facilitando la colocación.

CAMPO DE APLICACIÓN

El SH-6 reemplaza el uso de la micro sílice de manera parcial o total, según se requiera. Se utiliza en concreto lanzado, acompañado del uso de un acelerante de fraguado.
SH-6 no contiene cloruros ni otros promotores de la corrosión. No requiere cuidados o precauciones especiales.

Cooperativa las Vertientes, Calle 4, Mz C-1 Subt Lt 2-F Villa El Salvador – Lima
Teléfonos (01) 719-4126 / 719-4127

www.chemoursulmen.com

DOSIFICACIÓN

El SH-6 puede ser utilizado en dosis desde 0.3% a 2% con respecto al peso del cemento. Se recomienda realizar pruebas previas para validar la dosis óptima. El producto debe de ser diluido en el agua efectiva durante el proceso de mezclado.
Estas recomendaciones pueden sufrir variaciones debido a materiales de mala calidad, condiciones de obra y/o incorrecta metodología de uso, por ello se recomienda contactar a nuestros asesores técnicos ULMEN.

PROPIEDADES FÍSICAS

Apariencia	: Líquido
Color	: Blanco opalescente
Densidad	: $1,17 \pm 0,02$ (g/ml.)

PRESENTACIÓN

Se suministra en:

- IBC de 1200 Kg
- Cilindro de 220 Kg
- Galoneros de 60 kg
- galoneros de 20 Kg

DURACIÓN Y ALMACENAMIENTO

6 meses almacenado en un lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO9001.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Para información y consejo sobre seguridad en la manipulación y disposición de productos químicos, los usuarios deben referirse a la Hoja de Datos de Seguridad vigente, la cual contiene datos físicos, ecológicos toxicológicos y otros datos relativos a la seguridad.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Fecha de Emisión: 06/28/19
Revisión: 1
Fecha de Revisión: 06/11/20
Página: 1 de 1

SECCION 6: MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS

Precauciones personales	Utilizar el equipo adecuado de EPP.
Equipo de protección personal	Guantes de goma, antiparras, zapatos de seguridad.
Procedimientos de emergencia	Recoger usando arena y almacenar en contenedores plásticos.
Precauciones medioambientales	Evitar que se evapore al recontarilado.
Métodos y materiales de contención	Contener usando arena.
Métodos y materiales de limpieza	Recoger usando arena y almacenar en contenedores plásticos.
Recuperación	El material no puede ser recuperado al producirse derrames al suelo.
Neutralización	No aplica.
Disposición final	Se debe retirar y disponer según normativa vigente. DS N°148 y DS N°584.
Medidas adicionales de prevención	Ninguna adicional.

SECCION 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Precauciones para manipulación	Evitar contacto con los ojos, piel e ingestión.
Medidas operacionales	Utilizar el equipo adecuado (antiparras, guantes de goma, zapatos de seguridad).
Otros precauciones	Materia solo utilizable por personal calificado del área de construcción.
Evitación del contacto	No aplica.
Condiciones para almacenamiento	Evitar exposición directa al sol.
Medidas técnicas	Mantener en envases originales cerrados y en lugar ventilado.
Sustancias y mezclas incompatibles	No aplica.
Materia de envases	Se debe retirar y disponer según normativa vigente. DS N°148 y DS N°584.

SECCION 8: CONTROL DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN ESPECIAL

Concentración máxima permisible	No aplica.
Protección respiratoria	No requiere.
Protección para las manos	Guantes de goma, acrílico-nitrilo o PVC.
Protección para los ojos	Antiparras.
Protección de piel y cuerpo	Ropa de trabajo.
Medidas de ingeniería	Favorecer ventilación local o mecánica para evitar concentración de vapores.

SECCION 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico	Líquido.
Color	Color Claro.
Olor	Característico.
pH	5,5 ± 2.
Densidad	1,12 ± 0,02 (g/ml).
Sólidos	46 ± 3,5 (N).
Temperatura ebullición	100 (°C).
Punto de inflamación	No aplica.
Temperatura de autoignición	No aplica.
Límites de inflamabilidad	No aplica.
Solubilidad en agua y otros solventes	Totalmente soluble en agua.

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad química	Estable bajo condiciones normales de presión y temperatura.
Condiciones que se deben evitar	Evitar contacto con oxidantes fuertes y exposición a altas temperaturas.
Materiales incompatibles	No aplica.
Productos peligrosos de la descomposición	No aplica.

www.cognobvictilestechnologies.com

www.ulmen.cl

atencioncliente@ulmen.cl



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Fecha de Emisión: 04 de 12, 18
Revisión: 1
Fecha de Revisión: 04 de 7, 19
Página: 1 de 1

SECCION 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda	:	DL50 por ingestión > 2000 mg/kg
Iritación / corrosión cutánea	:	Casi sin irritación
Lesiones oculares graves/irritación ocular	:	Mémoda irritación
Sensibilización respiratoria	:	No aplica
Mutagenicidad de células reproductoras	:	Sin datos disponibles
Carcinogenicidad	:	No se identifica ningún componente carcinogénico

SECCION 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Estabilidad	:	Estable
Persistencia/Degradabilidad	:	Los métodos para determinar la biodegradabilidad no son aplicables a sustancias inorgánicas
Bio-acumulación	:	No aplica

SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN FINAL

Método para disposición final segura	:	Se debe retirar y disponer según normativa vigente. DS N°148 y DS N°594
Método para eliminación de envases	:	Se deben retirar y disponer según normativa vigente. DS N°148 y DS N°594

SECCION 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

Para Transporte Marítimo	:	Sin regulación
Precauciones para Transporte Marítimo	:	Comprobar que el recipiente este cerrado herméticamente
Clasificación NFPA	:	Salud: 1/Inflamabilidad: 0/Reactividad: 0/Riesgo específico: 0
Clasificación IATA (56th edition, 2015)	:	No es regulado como producto peligroso

SECCION 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Regulaciones Nacionales	:	NCh 2182,
Regulaciones Internacionales	:	ASTM C194,
Marca en la etiqueta	:	Código NFPA

SECCION 16: OTRAS INFORMACIONES

El formato de esta hoja de seguridad cumple con la norma Chilena NCh 2245:2015.

La información contenida se entrega de buena fe y voluntariamente.

ULMEN S.A. no se hace responsable por el buen o mal uso de esta información.

Considerando que el uso de esta información y de los productos está fuera del control del proveedor, ULMEN S.A. no asume responsabilidad alguna por este concepto.

Las condiciones de uso seguro del producto es obligación del usuario.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Fecha de emisión: 08a 22, 20
Revisión: 1
Fecha de revisión: 08. 7. 21
Página: 1 de 1

SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA

Nombre del producto : **SH-6**
Uso recomendado : **Aditivo para concreto**
Proveedor : **INDUSTRIAS ULMEN S.A.**
Dirección : **Cooperativa las Vertientes, Calle 4, N° C-1 Sub L1 2-F Villa El Salvador - Lima**
Teléfono : **+51 1 719 4126**
Teléfono Emergencia : **+51 1 719 4127**
Dirección electrónica : **www.ulmen.cl / atencioncliente@ulmen.cl**

SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Clasificación según NCh 382 : **No aplica / No peligroso**
Distintivo según NCh 2190 : **No posee / No peligroso**
Clasificación según SGA (GHS) : **Lesiones oculares H319 / Irritación cutánea H315**

Etiqueta SGA: No tiene

Señal de seguridad según NCh 1411/4



Clasificación específica : **Mezcla de polímeros y nano sílice en solución**
Distintivo específico : **No posee**
Descripción de peligros :

Inhalación : **Puede causar irritación de fosas nasales.**
Ingestión : **Náuseas, vómito, diarrea**
Contacto piel : **Puede causar irritación**
Contacto ocular : **Irritación con posibles lesiones**
Descripción de peligros específicos : **No posee peligros específicos**
Otros peligros : **No posee**

SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

Componentes peligrosos de la mezcla

	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Denominación química	Formalehído		
Nombre común	Formolita		
Rango de concentración	1%		
Número CAS	50-00-0		

SECCIÓN 4: PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación : **Dar aire fresco si fuera necesario**
Contacto con la piel : **Lavar de inmediato con agua y jabón**
Contacto con los ojos : **Lavar con abundante agua durante 15 min. Referir al médico**
Ingestión : **Enjuagar boca con agua tibia. Referir al médico**

SECCIÓN 5: MEDIDAS PARA LUCHA CONTRA INCENDIOS

Agentes de extinción : **No inflamable ni combustible. Actuar según tipo de fuego existente alrededor**
Agentes inapropiados : **No aplica**
Productos de la combustión : **No aplica**
Peligros específicos asociados : **No aplica**
Métodos específicos de extinción : **No aplica**
Precauciones para bomberos : **Debe utilizar equipo completo de protección y de respiración autónoma.**

www.comoscibiotecnologias.com

www.ulmen.cl

atencioncliente@ulmen.cl

C.4 Ficha técnica del aditivo Acelerante líquido Sigunit L-60 AF Plus (SIKA).



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sika® Sigunit® L-60 AF Plus

Acelerante líquido Libre de álcalis para concreto proyectado de alto rendimiento

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sigunit® L-60 AF Plus es un acelerante líquido libre de álcalis de alto desempeño desarrollado en base a sustancias inorgánicas especiales para ser utilizado en concreto proyectado tanto por vía húmeda como por seca con la finalidad de obtener altas resistencias iniciales y finales en concreto proyectado.
No contiene cloruros.

USOS

Sigunit® L-60 AF Plus es un acelerante para uso en el proceso de proyección por vía seca y vía húmeda en las siguientes aplicaciones principales:

- Concretos y morteros proyectados en túneles, minas, muros de contención, canales, estanques y reparaciones donde se requiera un rápido fraguado y altas resistencias iniciales.
- Concreto proyectado de alta calidad en revestimientos y trabajos de construcción en general.
- Estabilización de taludes y rocas.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Libre de álcalis.
- Rápido desarrollo del fraguado y de la resistencia inicial.
- Mayor resistencia a largo plazo o resistencias finales.
- No contamina las aguas superficiales o subterráneas debido a que está libre de álcalis.
- Aumenta la adherencia del concreto proyectado a la roca y concreto, facilitando la aplicación sobre colada.
- Libre de cloruros, no ataca el acero de refuerzo ni a la fibra de acero.
- Permite aplicar capas sucesivas rápidamente y de mayor espesor.
- Disminuye el rebote.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	<ul style="list-style-type: none"> • Granel a 2 L • Cilindro a 200 L • Dispenser a 1,000 L
Apariencia / Color	Líquido. El color varía entre blanco/beige a beige.
Vida Útil	6 meses.
Condiciones de Almacenamiento	El producto debe de ser almacenado bajo techo en su empaque original tratado a temperaturas entre 5 °C y 40 °C.
Densidad	1.01 +/- 0.02 kg/L

Hoja De Datos Del Producto
 Para Sigunit® L-60 AF Plus
 © 2016 Sika Chemicals, Inc.
 11044101 (Rev. 01/16)

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

LIMITACIONES

El efecto del acelerante depende del contenido, edad y tipo de cemento utilizado, así como el sustrato, temperatura, sistema de proyección y ocasión de cada la razón a/c del concreto en el proceso de proyección por vía húmeda y el agua agregada en la boquilla en el proceso vía seca, con parámetros que influyen en el efecto acelerador del Sigumit[®] L-60 AF Plus. A temperatura más bajas se requiere mayor dosis de activo para una misma aceleración de la resistencia inicial y fraguados. En el proceso vía húmeda es recomendable una relación a/c <0.50. Es recomendable acompañar la mezcla con aditivos Sikament[®] o Sika[®] ViskoCrete[®].

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relaciones de salud y seguridad.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

MODO DE EMPLEO

La dosis de Sigumit[®] L-60 AF Plus más efectiva se obtiene a través de ensayos previos en terreno en las condiciones de obra.

Sigumit[®] L-60 AF Plus se agrega junto con el aire comprimido en el sistema de mezcla húmeda o diluido en el agua en el sistema de mezcla seca. Consulte con el fabricante de la máquina proyectora o con nuestro Departamento Técnico respecto al mezclador más adecuado. Se recomienda agitar el producto antes de usar.

DOSEIFICACIÓN

Se recomienda utilizar dosis de 4 a 8 % del peso del cemento. Es posible utilizar mayores o menores dosis realizando ensayos previos en función de los requisitos de la muestra.

Sika Perú
Sede Central: Av. Túpac Katari
N.º 1100 - Lima
Callejón
Telf: (01) 422 4444

Hoja de Datos del Producto
Sigumit[®] L-60 AF Plus
Acelerante para concreto
Código: 1000000000000

2 / 2

RESTRICCIONES LOCALES

Revisar que el uso de este producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados, así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplican los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hoja Técnica de los productos, cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

CONSTRUYENDO CONFIANZA



Hoja de Seguridad

según Directiva 91/159/EEC y Norma ISO 11014-1
(con modificaciones en Anexo de 2017/2022)

Construcción

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA

Identificación del producto

Nombre comercial:

Signit® L-60 AF Plus

Información del Fabricante / Distribuidor

Fabricante / Distribuidor	Sika Perú S.A.C.
Dirección	Habilitación Industrial El Lucumo Mz. "B" Lote 6
Código postal y ciudad	Lima 16 - Lurin
País	Perú
Número de teléfono	(51 1) 618 6060
Telefax	(51 1) 618 6070

2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

Descripción Química

Solución de sulfato de aluminio

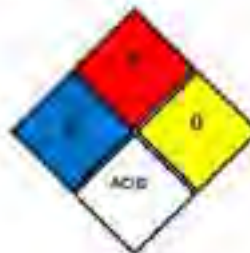
Componentes Peligrosos:

Designación según Directiva 67/548/EEC

Nombre y Número CAS	Concentración
Sulfato de aluminio 10043-01-3	50 - 70 %
2,2',2"-nitrotrietanol 102-71-6	1 - 10%

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Identificación de Riesgo de Materiales según NFPA:

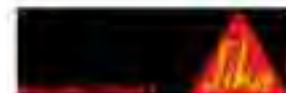


Salud: 2 Inflamabilidad: 0 Reactividad: 0

4. PRIMEROS AUXILIOS

Instrucciones Generales

Facilitar siempre al médico la hoja de seguridad.



En caso de Inhalación

- Procure aire fresco;
- Procure tratamiento médico.

En caso de contacto con la Piel

- Lavar la zona afectada inmediatamente con agua y jabón.
- Quitar inmediatamente la ropa empapada o manchada, no deje secar.
- Si persisten los síntomas de irritación, acudir al médico.

En caso de contacto con los Ojos

Lavar los ojos afectados inmediatamente con agua abundante durante 15 minutos. Acudir inmediatamente al médico.

En caso de Ingestión

No provocar el vómito. Requiere inmediatamente ayuda médica.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Medios de extinción adecuados

No presenta peligro de incendio. Elegir los medios de extinción según el incendio rodeante.

Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad

No aplicable.

Equipo de protección para el personal de lucha contra incendios

Usar equipo respiratorio autónomo.

Indicaciones adicionales

- El producto no arde por sí solo.
- Los restos del incendio así como el agua de extinción contaminada, deben eliminarse según las normas locales en vigor.

6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Precauciones individuales

- Llevar ropa de protección personal.
- En caso de exposición a vapores/polvos/aerosol, usar protección respiratoria.

Medidas de protección del medio ambiente

- Evitar que penetre en el alcantarillado o aguas superficiales.
- Evitar que penetre en el subsuelo o la tierra.
- En caso de penetración en cursos de agua, al suelo o los desagües, avisar a las autoridades competentes.

Métodos de limpieza

- Recoger con materiales absorbentes adecuados.
- Tratar el material recogido según se indica en el apartado "eliminación de residuos".
- Eliminar los residuos con agua.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación

Indicaciones para manipulación sin peligro

- Procurar buena ventilación de los locales, dado el caso, instalar aspiración localizada en el lugar de trabajo.
- Ver capítulo 6 / Equipo de protección personal



Indicaciones para la protección contra incendio y explosión:
 No aplicable.

Almacenamiento:

Exigencias técnicas para almacenes y recipientes:

- Mantener los recipientes herméticamente cerrados y guardarlos en un sitio fresco y bien ventilado.

Indicaciones para el almacenamiento conjunto:

- Mantener alejado de alimentos, bebidas y comida para animales.

Información adicional relativa al almacenamiento:

- Proteger de las heladas.
- Proteger de temperaturas elevadas y de las rayas solares directas.

8. LÍMITES DE EXPOSICIÓN Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

Componentes	No. CAS	Tipo de valor (Forma de exposición)	Parámetros de control / Concentración permisible	Base
2,2',2"-trinitrotoluenol	132-71-6	TWA	5 mg/m ³	PE OEL
		TWA	5 mg/m ³	ACGIH

- Protección respiratoria:**
 - Utilice protección respiratoria si menos que exista una ventilación de escape adecuada o a menos que la evaluación de la exposición indique que el nivel de exposición está dentro de las pautas recomendadas.
 - La clase de filtro para el respirador debe ser adecuada para la concentración máxima prevista del contaminante (gas/vapores/aerosol/particulados) que puede presentarse al manejar el producto. Si se excede esta concentración, se debe utilizar un aparato respiratorio autónomo.
- Protección de las manos:**
 - Guantes químico-resistentes e impermeables que cumplan con estándares aprobados deben ser utilizados cuando se manejen productos químicos y la evaluación del riesgo indica que es necesario.
- Protección de los ojos:**
 - Equipo de protección ocular que cumpla con estándares aprobados debe ser utilizado cuando la evaluación del riesgo indica que es necesario.
- Protección de la piel y del cuerpo:**
 - Elegir la protección para el cuerpo según sus características, la concentración y la cantidad de sustancias peligrosas, y el lugar específico de trabajo.
- Medidas de higiene:**
 - Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.
 - No comer ni beber durante su utilización.
 - No fumar durante su utilización.
 - Lavenso las manos antes de los descansos y después de terminar la jornada laboral.



9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto

Estado Físico: Líquido



Color	Beige oscuro
Olor	Característico

Datos significativos para la seguridad

Punto de ebullición	> 100°C
Punto de inflamación	No aplicable
Presión de Vapor a 20°C	No aplicable
Densidad a 20°C	1.39 – 1.43 g/cm ³
Solubilidad en agua a 20°C	El producto es miscible
pH a 20°C	2.0 – 4.0

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Condiciones que deben evitarse

No se conocen

Materia que deben evitarse / reacciones peligrosas

Posibles reacciones peligrosas con:

- Alcalis.

Descomposición térmica y productos de descomposición peligrosos

Utilizando el producto adecuadamente, no se descompone.

11. INFORMACIONES TOXICOLÓGICAS

Sensibilización

Pueden observarse reacciones alérgicas en personas sensibles.

Experiencia sobre lesiones

Contacto con la piel

- Irritación

Contacto con los ojos

- Irritación

Inhalación

- Irritación

Ingestión

- Una pequeña cantidad puede causar perturbaciones considerables en la salud.

12. INFORMACIONES ECOLÓGICAS

Ecotoxicidad

Sin datos disponibles

Persistencia y degradabilidad

Sin datos disponibles

Potencial de bioacumulación

Sin datos disponibles

Movilidad en el suelo

Sin datos disponibles

Otros efectos adversos

Producto:

Información ecológica complementaria : No existe ningún dato disponible para ese producto.

13. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS



Hoja de Seguridad no sujeta a control de falsificación
Edición N°6

Revisión: 02/09/20
Impresión: 12/09/20
Formato: C-80 A7 Plus. 6/5

Producto

Recomendaciones

Observadas las normas en vigor, debe ser botado en un centro de eliminación de residuos industriales.

Envases / embalajes sin limpiar

Recomendaciones

Envases / Embalajes totalmente vacíos pueden destinarse a reciclaje

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

ADR / RID

N° ONU	Clase	Grupo de Embalaje
3082	II	III

Información Complementaria

Sustancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente.

Mercancía no peligrosa para la salud humana

IMO / IMDG

N° ONU	Clase	Grupo de Embalaje
3082	9	III

Información Complementaria

Sustancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente.

Mercancía no peligrosa para la salud humana

IATA / ICAO

N° ONU	Clase	Grupo de Embalaje
3082	9	III

Información Complementaria

Sustancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente.

Mercancía no peligrosa para la salud humana

15. DISPOSICIONES DE CARÁCTER LEGAL

Etiquetado según 88 / 379 / FEC

Según Directivas CE y la legislación nacional correspondiente, el producto no requiere etiquetado.

Frases S

23	No respirar los gases / humos / vapor / spray
26	En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúcese a un médico.
35	En caso de ventilación insuficiente, usese equipo respiratorio adecuado.

Ley de control de insumos químicos y productos finalizados. : No aplicable

16. OTRAS INFORMACIONES

En caso de emergencia consultar a Aío EsSakud

Teléfono: 472-2300 ó 0801-10200

**"La presente Edición anula y reemplaza la Edición N°5
la misma que deberá ser destruida"**

Advertencia:

La información contenida en esta Hoja de Seguridad corresponde a nuestro nivel de conocimiento en el momento de su publicación. Quedan excluidos todos los gerifallos. Se solicitan nuestras Oficinas Generales de Construcción para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.S. Por favor, consulte la Hoja Técnica del producto antes de su utilización. Las usuarios deben referirse a la última edición de las Hojas de Seguridad de los productos, cuyas copias se entregan a solicitud del interesado o a los que pueden acceder en Internet al botón de nuestro página web www.sika.com.pe

Aprobado por: CNS



ANEXO D: RESULTADOS DE ENSAYO DEL PENETRÓMETRO POCKET.

D.1: Ensayos con penetrómetro Panel P01 - Cemento tipo IP.

ENSAYOS CON PENETROMETRO MUESTRA N° 01									
Lugar:		Tipo de Cemento						Temp. Ambiente	
Planta Conarena Cusco		IP						13.8 °C	
Fecha:		Plastificante (dosis):			Acelerante (dosis)		Cemento.		
09/12/2021		SH-6 (8%)			SIGUNIT L60 (5%)		IP 450		
Agua:		Agregado:			Fibra:		Hora Final de Lanzado:		
					-		11:30 a. m.		
Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetracion en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm2)	
12:00	00:30	7	9	8	8	7	7.70	0.54	
		9	7	8	7	7			
12:30	01:00	14	16	16	14	16	15.70	1.10	
		16	15	18	16	16			
13:00	01:30	19	18	18	14	14	16.90	1.19	
		18	20	16	18	14			
13:30	02:00	28	24	26	20	26	24.80	1.74	
		24	26	22	24	28			
14:00	02:30	40	40	50	40	40	42.00	2.95	
		30	50	40	50	40			
14:30	03:00	48	46	46	44	46	46.00	3.23	
		50	44	44	48	44			
15:00	03:30	58	56	56	58	56	56.60	3.98	
		54	58	56	58	56			
15:30	04:00	60	80	80	70	80	90.00	6.33	
		80	90	140	130	90			
16:00	04:30	80	90	150	120	140	120.00	8.44	
		130	120	130	130	110			
16:30	05:00	150	140	160	140	160	147.00	10.34	
		120	140	150	150	160			
17:00	05:30	180	100	200	160	200	163.00	11.46	
		140	140	130	180	200			
17:30	06:00	160	170	180	150	160	166.00	11.67	
		170	160	180	180	150			
18:00	06:30	160	170	200	200	230	196.00	13.78	
		200	210	190	210	190			
18:30	07:00	180	190	220	210	250	216.00	15.19	
		210	230	220	230	220			
19:00	07:30	270	300	280	220	220	241.00	16.94	
		230	240	220	230	200			
19:30	08:00	290	330	300	250	240	267.00	18.77	
		260	260	250	250	240			




FOTO N° 01



FOTO N° 02

D.2: Ensayos con penetrómetro Panel P02 - Cemento tipo IP.

ENSAYOS CON PENETROMETRO MUESTRA N° 02								
Lugar:		Tipo de Cemento					Temp. Ambiente	
Planta Conarena Cusco		IP					13.8 °C	
Fecha:		Plastificante (dosis):			Acelerante (dosis)		Cemento.	
09/12/2021		SH-6 (8%)			SIGUNIT L60 (5%)		IP	450
Agua:		Agregado:			Fibra:		Hora Final de Lanzado:	
					-		11:30 a. m.	
Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetracion en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm2)
12:00	00:30	4	6	5	5	4	5.50	0.39
		5	8	6	7	5		
12:30	01:00	10	12	12	14	16	13.00	0.91
		12	14	14	16	10		
13:00	01:30	16	18	18	18	16	16.60	1.17
		18	16	14	16	16		
13:30	02:00	24	26	28	28	30	28.80	2.02
		38	30	28	26	30		
14:00	02:30	60	20	20	40	20	34.00	2.39
		20	50	50	40	20		
14:30	03:00	30	30	40	30	40	35.50	2.50
		40	40	30	45	30		
15:00	03:30	50	60	60	65	70	59.50	4.18
		65	65	60	50	50		
15:30	04:00	70	50	70	110	50	88.00	6.19
		100	140	120	90	80		
16:00	04:30	80	80	85	90	90	91.50	6.43
		100	90	110	100	90		
16:30	05:00	110	120	130	130	120	130.00	9.14
		140	150	140	130	130		
17:00	05:30	140	160	150	120	150	146.00	10.26
		200	140	120	140	140		
17:30	06:00	160	170	170	160	180	170.00	11.95
		170	170	180	160	180		
18:00	06:30	280	260	180	220	220	230.00	16.17
		230	240	210	180	200		
18:30	07:00	230	240	230	260	220	229.00	16.10
		210	220	220	250	210		
19:00	07:30	300	280	250	200	210	233.00	16.38
		230	210	220	230	200		
19:30	08:00	280	300	260	290	300	301.00	21.16
		320	330	330	340	260		



FOTO N° 01



FOTO N° 02

D.3: Ensayos con penetrómetro Panel P03 - Cemento tipo IP.

ENSAYOS CON PENETROMETRO MUESTRA N° 03								
Lugar:		Tipo de Cemento					Temp. Ambiente	
Planta Conarena Cusco		IP					13.8 °C	
Fecha:		Plastificante (dosis):		Acelerante (dosis)		Cemento.		
09/12/2021		SH-6 (8%)		SIGUNIT L60 (5%)		IP 450		
Agua:		Agregado:		Fibra:		Hora Final de Lanzado:		
				-		11:30 a. m.		
Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetracion en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm2)
12:00	00:30	7	7	5	5	6	5.90	0.41
		5	6	6	7	5		
12:30	01:00	9	9	10	10	8	9.00	0.63
		9	8	8	10	9		
13:00	01:30	12	14	14	15	15	13.70	0.96
		14	14	12	12	15		
13:30	02:00	18	18	20	20	18	19.40	1.36
		16	22	24	20	18		
14:00	02:30	40	40	80	50	40	47.00	3.30
		20	70	40	50	40		
14:30	03:00	55	55	60	60	60	58.50	4.11
		70	65	60	60	40		
15:00	03:30	70	70	80	75	75	72.50	5.10
		65	65	70	75	80		
15:30	04:00	60	80	90	100	100	92.00	6.47
		100	100	100	100	90		
16:00	04:30	110	120	120	130	120	119.50	8.40
		130	130	125	110	100		
16:30	05:00	130	140	140	150	135	140.50	9.88
		140	140	150	140	140		
17:00	05:30	220	160	180	170	120	183.00	12.87
		150	180	260	230	160		
17:30	06:00	190	180	180	190	180	189.50	13.32
		210	200	190	190	185		
18:00	06:30	180	200	210	210	210	203.00	14.27
		200	200	210	200	210		
18:30	07:00	220	230	230	220	230	201.20	14.15
		210	240	210	220	2		
19:00	07:30	320	220	280	250	220	243.00	17.08
		230	210	220	230	250		
19:30	08:00	330	240	250	250	260	274.00	19.26
		340	260	270	250	290		



FOTO N° 01



FOTO N° 02

D.4: Ensayos con penetrómetro Panel P04 - Cemento tipo IP.

ENSAYOS CON PENETROMETRO MUESTRA N° 04								
Lugar:		Tipo de Cemento					Temp. Ambiente	
Planta Conarena Cusco		IP					13.8 °C	
Fecha:		Plastificante (dosis):		Acelerante (dosis)		Cemento.		
09/12/2021		SH-6 (8%)		SIGUNIT L60 (5%)		IP 450		
Agua:		Agregado:		Fibra:		Hora Final de Lanzado:		
				-		11:30 a. m.		
Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetracion en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm2)
12:00	00:30	10	8	9	7	7	8.20	0.58
		8	8	9	7	9		
12:30	01:00	16	18	16	16	20	17.20	1.21
		18	16	17	19	16		
13:00	01:30	24	24	28	28	26	26.00	1.83
		26	24	26	30	24		
13:30	02:00	28	30	32	36	38	33.00	2.32
		30	32	34	36	34		
14:00	02:30	40	40	90	60	40	48.00	3.37
		30	40	50	50	40		
14:30	03:00	46	42	44	50	48	49.60	3.49
		52	54	56	56	48		
15:00	03:30	62	64	66	68	70	71.90	5.06
		76	75	80	78	80		
15:30	04:00	90	80	90	100	110	93.00	6.54
		100	80	90	90	100		
16:00	04:30	110	120	125	130	125	124.10	8.73
		125	120	132	128	126		
16:30	05:00	130	136	138	132	138	136.80	9.62
		140	142	140	136	136		
17:00	05:30	50	140	160	200	160	147.00	10.34
		130	160	200	150	120		
17:30	06:00	160	170	160	160	170	172.00	12.09
		180	190	190	180	160		
18:00	06:30	250	210	200	260	200	218.00	15.33
		200	200	210	220	230		
18:30	07:00	230	230	240	250	250	244.00	17.15
		250	240	260	240	250		
19:00	07:30	230	220	220	270	260	257.00	18.07
		300	260	300	260	250		
19:30	08:00	300	340	330	340	360	340.00	23.90
		360	360	350	340	320		



FOTO N° 01



FOTO N° 02

D.5: Ensayos con penetrómetro Panel P05 - Cemento tipo IP.

ENSAYOS CON PENETROMETRO MUESTRA N° 05								
Lugar:		Tipo de Cemento					Temp. Ambiente	
Planta Conarena Cusco		IP					13.8 °C	
Fecha:		Plastificante (dosis):		Acelerante (dosis)		Cemento.		
09/12/2021		SH-6 (8%)		SIGUNIT L60 (5%)		IP 450		
Agua:		Agregado:		Fibra:		Hora Final de Lanzado:		
				-		11:30 a. m.		
Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetracion en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm2)
12:00	00:30	8	8	9	9	8	8.10	0.57
		7	6	8	9	9		
12:30	01:00	12	10	14	13	16	12.90	0.91
		10	12	14	16	12		
13:00	01:30	16	18	20	22	20	18.40	1.29
		18	16	18	16	20		
13:30	02:00	20	22	24	26	30	25.40	1.79
		28	26	26	24	28		
14:00	02:30	30	30	40	60	80	50.00	3.52
		60	50	60	50	40		
14:30	03:00	60	65	70	75	75	72.50	5.10
		80	80	70	70	80		
15:00	03:30	100	110	100	100	110	105.00	7.38
		120	100	90	120	100		
15:30	04:00	120	130	120	120	100	136.00	9.56
		130	100	140	200	200		
16:00	04:30	140	150	150	160	170	157.00	11.04
		180	160	150	150	160		
16:30	05:00	180	190	200	200	190	189.00	13.29
		190	190	185	195	170		
17:00	05:30	200	230	240	210	240	222.00	15.61
		230	230	210	220	210		
17:30	06:00	240	260	280	280	270	289.00	20.32
		280	300	320	340	320		
18:00	06:30	350	380	380	340	290	330.00	23.20
		320	320	340	300	280		
18:30	07:00	340	350	350	320	330	343.00	24.12
		360	320	360	340	360		
19:00	07:30	360	350	380	340	420	362.00	25.45
		330	410	360	320	350		
19:30	08:00	370	380	400	420	440	419.00	29.46
		420	420	440	460	440		




FOTO N° 01




FOTO N° 02

D.6: Ensayos con penetrómetro Panel P06 - Cemento tipo IP.

ENSAYOS CON PENETROMETRO MUESTRA N° 06								
Lugar:		Tipo de Cemento					Temp. Ambiente	
Planta Conarena Cusco		IP					13.8 °C	
Fecha:		Plastificante (dosis):		Acelerante (dosis)		Cemento.		
09/12/2021		SH-6 (8%)		SIGUNIT L60 (5%)		IP 450		
Agua:		Agregado:		Fibra:		Hora Final de Lanzado:		
				-		11:30 a. m.		
Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetracion en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm2)
12:00	00:30	12	10	14	16	16	12.80	0.90
		10	12	12	14	12		
12:30	01:00	26	24	30	32	30	27.40	1.93
		28	22	26	24	32		
13:00	01:30	38	42	40	40	44	38.40	2.70
		36	34	36	40	34		
13:30	02:00	50	54	56	56	54	53.20	3.74
		48	50	54	58	52		
14:00	02:30	58	60	64	62	62	61.90	4.35
		64	62	62	65	60		
14:30	03:00	66	68	66	70	72	69.40	4.88
		68	72	68	74	70		
15:00	03:30	76	78	76	80	78	79.00	5.55
		68	84	82	80	88		
15:30	04:00	80	150	130	110	100	115.00	8.09
		90	120	100	90	180		
16:00	04:30	180	200	220	230	210	217.00	15.26
		210	240	250	230	200		
16:30	05:00	230	250	250	280	250	248.00	17.44
		270	260	230	240	220		
17:00	05:30	290	280	270	300	310	274.00	19.26
		270	280	230	240	270		
17:30	06:00	320	310	320	330	350	336.00	23.62
		330	350	340	340	370		
18:00	06:30	370	360	350	380	400	380.00	26.72
		380	370	390	390	410		
18:30	07:00	420	410	460	440	440	445.00	31.29
		430	470	460	470	450		
19:00	07:30	470	490	520	500	490	493.00	34.66
		480	460	520	490	510		
19:30	08:00	520	510	540	550	550	551.00	38.74
		600	560	550	560	570		



FOTO N° 01



FOTO N° 02

D.7: Ensayos con penetrómetro Panel P07 - Cemento tipo HE.

ENSAYOS CON PENETROMETRO MUESTRA N° 07								
Lugar:		Tipo de Cemento					Temp. Ambiente	
Planta Conarena Cusco		HE					14 °C	
Fecha:		Plastificante (dosis):		Acelerante (dosis)		Cemento.		
09/12/2021		SH-6 (8%)		SIGUNIT L60 (5%)		HE	450	
Agua:		Agregado:		Fibra:		Hora Final de Lanzado:		
				-		12:00 a. m.		
Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetracion en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm2)
12:00	00:30	12	16	14	18	20	15.40	1.08
		14	10	16	16	18		
12:30	01:00	28	18	20	22	24	24.20	1.70
		22	24	26	28	30		
13:00	01:30	32	34	38	38	40	36.00	2.53
		34	36	36	38	34		
13:30	02:00	44	48	46	46	50	46.40	3.26
		42	40	52	50	46		
14:00	02:30	50	54	54	56	58	54.60	3.84
		52	52	54	56	60		
14:30	03:00	65	70	72	74	74	74.10	5.21
		78	76	80	74	78		
15:00	03:30	90	80	85	78	82	83.90	5.90
		82	88	84	84	86		
15:30	04:00	120	120	100	130	90	106.00	7.45
		90	100	100	110	100		
16:00	04:30	130	140	125	16	130	128.10	9.01
		140	150	140	150	160		
16:30	05:00	150	140	200	200	220	188.00	13.22
		140	270	200	160	200		
17:00	05:30	180	160	200	210	230	204.00	14.34
		210	220	220	200	210		
17:30	06:00	240	230	240	240	240	240.00	16.87
		250	240	240	250	230		
18:00	06:30	280	260	250	270	300	296.00	20.81
		320	340	330	310	300		
18:30	07:00	330	380	370	360	320	352.00	24.75
		340	340	350	380	350		
19:00	07:30	380	400	410	370	360	378.00	26.58
		360	370	360	400	370		
19:30	08:00	460	460	420	460	430	444.00	31.22
		440	450	440	440	440		
20:00	08:30	460	500	560	580	600	530.00	37.26
		500	520	480	540	560		



FOTO N° 01



FOTO N° 02

D.8: Ensayos con penetrómetro Panel P08 - Cemento tipo HE.

ENSAYOS CON PENETROMETRO MUESTRA N° 08								
Lugar:		Tipo de Cemento					Temp. Ambiente	
Planta Conarena Cusco		HE					14 °C	
Fecha:		Plastificante (dosis):			Acelerante (dosis)		Cemento.	
09/12/2021		SH-6 (8%)			SIGUNIT L60 (5%)		HE 450	
Agua:		Agregado:			Fibra:		Hora Final de Lanzado:	
					-		12:00 a. m.	
Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetracion en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm2)
12:00	00:30	13	14	15	15	19	15.00	1.05
		14	12	15	16	17		
12:30	01:00	26	19	18	20	23	23.30	1.64
		21	25	27	26	28		
13:00	01:30	37	31	33	36	37	34.40	2.42
		33	37	34	34	32		
13:30	02:00	42	45	44	45	48	45.10	3.17
		42	42	50	48	45		
14:00	02:30	50	50	52	54	57	53.20	3.74
		51	52	53	55	58		
14:30	03:00	66	67	69	71	70	71.70	5.04
		76	75	72	75	76		
15:00	03:30	88	84	85	78	82	83.50	5.87
		82	88	84	84	80		
15:30	04:00	80	70	100	110	120	96.00	6.75
		90	80	120	100	90		
16:00	04:30	120	140	180	160	160	166.00	11.67
		180	190	170	170	190		
16:30	05:00	200	160	200	200	180	200.00	14.06
		200	220	230	210	200		
17:00	05:30	240	230	260	220	230	235.00	16.52
		230	230	230	240	240		
17:30	06:00	260	240	240	240	270	263.00	18.49
		300	240	240	340	260		
18:00	06:30	310	300	300	320	310	308.00	21.65
		290	310	315	315	310		
18:30	07:00	330	340	360	280	320	336.00	23.62
		310	350	400	350	320		
19:00	07:30	360	370	350	360	380	379.00	26.65
		390	380	390	400	410		
19:30	08:00	420	440	440	450	410	450.00	31.64
		460	440	480	490	470		
20:00	08:30	490	490	510	500	510	510.00	35.86
		530	530	520	520	500		



FOTO N° 01



FOTO N° 02

D.9: Ensayos con penetrómetro Panel P09 - Cemento tipo HE.

ENSAYOS CON PENETROMETRO MUESTRA N° 09								
Lugar:		Tipo de Cemento					Temp. Ambiente	
Planta Conarena Cusco		HE					14 °C	
Fecha:		Plastificante (dosis):			Acelerante (dosis)		Cemento.	
09/12/2021		SH-6 (8%)			SIGUNIT L60 (5%)		HE 450	
Agua:		Agregado:			Fibra:		Hora Final de Lanzado:	
					-		12:00 a. m.	
Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetracion en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm2)
12:00	00:30	14	16	16	20	22	16.90	1.19
		15	12	16	18	20		
12:30	01:00	26	22	24	24	26	25.90	1.82
		24	25	26	30	32		
13:00	01:30	36	32	38	40	42	39.00	2.74
		46	48	36	38	34		
13:30	02:00	44	48	44	48	50	46.40	3.26
		42	40	52	50	46		
14:00	02:30	52	56	52	58	60	56.40	3.97
		58	56	54	58	60		
14:30	03:00	68	66	72	76	78	76.40	5.37
		80	82	80	78	84		
15:00	03:30	92	100	84	90	110	97.20	6.83
		110	86	90	100	110		
15:30	04:00	160	120	140	120	110	126.00	8.86
		120	130	110	100	150		
16:00	04:30	190	190	150	170	180	175.00	12.30
		170	180	180	170	170		
16:30	05:00	190	200	200	200	240	210.00	14.76
		240	220	200	200	210		
17:00	05:30	240	240	230	230	230	235.00	16.52
		220	230	240	240	250		
17:30	06:00	220	250	260	280	280	254.00	17.86
		240	260	260	240	250		
18:00	06:30	300	310	320	280	310	295.00	20.74
		290	280	290	290	280		
18:30	07:00	350	360	360	360	320	337.00	23.69
		330	310	300	360	320		
19:00	07:30	350	370	380	370	360	376.00	26.44
		390	380	390	390	380		
19:30	08:00	390	395	395	400	410	406.00	28.54
		400	400	380	440	450		
20:00	08:30	400	420	400	420	450	453.00	31.85
		500	540	560	410	430		




FOTO N° 01




FOTO N° 02

D.10: Ensayos con penetrómetro Panel P010 - Cemento tipo HE.

ENSAYOS CON PENETROMETRO MUESTRA N° 10								
Lugar:		Tipo de Cemento					Temp. Ambiente	
Planta Conarena Cusco		HE					14 °C	
Fecha:		Plastificante (dosis):			Acelerante (dosis)		Cemento.	
09/12/2021		SH-6 (8%)			SIGUNIT L60 (5%)		HE 450	
Agua:		Agregado:			Fibra:		Hora Final de Lanzado:	
					-		12:00 a. m.	
Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetracion en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm2)
12:00	00:30	16	18	16	22	22	18.40	1.29
		18	14	18	18	22		
12:30	01:00	28	24	24	26	28	27.60	1.94
		28	26	26	32	34		
13:00	01:30	36	34	38	44	46	44.80	3.15
		46	50	54	52	48		
13:30	02:00	52	56	60	62	64	61.60	4.33
		60	68	66	64	64		
14:00	02:30	66	70	62	64	62	67.00	4.71
		68	66	70	72	70		
14:30	03:00	72	74	74	72	80	79.20	5.57
		80	84	82	86	88		
15:00	03:30	88	90	100	120	110	111.80	7.86
		110	120	130	120	130		
15:30	04:00	130	150	140	180	160	150.00	10.55
		150	120	190	150	130		
16:00	04:30	190	210	210	200	230	222.00	15.61
		230	240	260	230	220		
16:30	05:00	240	280	280	220	240	245.00	17.23
		260	260	220	220	230		
17:00	05:30	265	270	260	250	260	259.50	18.24
		280	250	260	260	240		
17:30	06:00	270	280	310	320	310	303.00	21.30
		280	300	320	340	300		
18:00	06:30	320	340	360	390	350	375.00	26.37
		420	380	400	390	400		
18:30	07:00	330	390	460	500	430	442.00	31.08
		440	500	420	490	460		
19:00	07:30	470	480	480	460	500	475.00	33.40
		470	480	460	470	480		
19:30	08:00	500	510	480	530	510	500.00	35.15
		490	500	490	510	480		
20:00	08:30	500	500	500	480	500	520.00	36.56
		510	540	520	570	580		




FOTO N° 01




FOTO N° 02

D.11: Ensayos con penetrómetro Panel P11 - Cemento tipo HE.

ENSAYOS CON PENETROMETRO MUESTRA N° 11								
Lugar:		Tipo de Cemento					Temp. Ambiente	
Planta Conarena Cusco		HE					14 °C	
Fecha:		Plastificante (dosis):			Acelerante (dosis)		Cemento.	
09/12/2021		SH-6 (8%)			SIGUNIT L60 (5%)		HE 450	
Agua:		Agregado:			Fibra:		Hora Final de Lanzado:	
					-		12:00 a. m.	
Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetracion en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm2)
12:00	00:30	14	15	17	20	22	17.60	1.24
		20	14	16	18	20		
12:30	01:00	24	25	26	28	26	26.20	1.84
		24	27	24	30	28		
13:00	01:30	30	32	34	36	38	40.40	2.84
		42	46	48	50	48		
13:30	02:00	52	54	56	58	60	58.80	4.13
		60	64	64	62	58		
14:00	02:30	66	68	64	64	66	67.00	4.71
		68	66	70	68	70		
14:30	03:00	74	80	72	72	76	77.40	5.44
		78	82	82	80	78		
15:00	03:30	100	110	90	90	110	106.60	7.49
		100	110	96	120	140		
15:30	04:00	180	160	130	120	100	131.00	9.21
		90	150	100	100	180		
16:00	04:30	190	220	190	190	180	197.00	13.85
		180	210	220	200	190		
16:30	05:00	240	240	220	200	230	237.00	16.66
		260	250	250	220	260		
17:00	05:30	280	290	300	280	270	284.00	19.97
		290	310	270	280	270		
17:30	06:00	360	320	320	290	320	321.00	22.57
		300	330	300	330	340		
18:00	06:30	390	380	400	410	390	399.00	28.05
		380	400	410	420	410		
18:30	07:00	500	430	450	420	520	463.00	32.55
		520	390	480	500	420		
19:00	07:30	500	510	520	500	510	511.00	35.93
		530	500	510	520	510		
19:30	08:00	540	530	530	550	560	545.00	38.32
		570	540	530	530	570		
20:00	08:30	540	600	620	620	640	614.00	43.17
		580	600	680	650	610		




FOTO N° 01




FOTO N° 02

D.12: Ensayos con penetrómetro Panel P12 - Cemento tipo HE.

ENSAYOS CON PENETROMETRO MUESTRA N° 12								
Lugar:		Tipo de Cemento					Temp. Ambiente	
Planta Conarena Cusco		HE					14 °C	
Fecha:		Plastificante (dosis):			Acelerante (dosis)		Cemento.	
09/12/2021		SH-6 (8%)			SIGUNIT L60 (5%)		HE 450	
Agua:		Agregado:			Fibra:		Hora Final de Lanzado:	
					-		12:00 a. m.	
Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido	Resistencia a la penetracion en 10 ensayos con aguja de 3mm (psi)					Promedio en psi	F'c (kg/cm2)
12:00	00:30	12	14	18	16	20	16.40	1.15
		20	16	14	18	16		
12:30	01:00	26	22	24	26	26	25.60	1.80
		26	28	24	26	28		
13:00	01:30	32	28	32	36	34	39.60	2.78
		42	46	48	50	48		
13:30	02:00	50	54	52	56	54	55.20	3.88
		56	58	60	58	54		
14:00	02:30	62	64	66	68	66	66.20	4.65
		64	66	68	68	70		
14:30	03:00	72	74	72	76	74	75.20	5.29
		78	76	78	80	72		
15:00	03:30	110	110	90	90	100	101.00	7.10
		100	90	90	120	110		
15:30	04:00	90	160	130	120	100	122.00	8.58
		90	150	100	100	180		
16:00	04:30	170	180	170	220	180	191.00	13.43
		190	170	210	190	230		
16:30	05:00	240	240	220	200	230	237.00	16.66
		260	250	250	220	260		
17:00	05:30	300	280	290	310	310	282.00	19.83
		290	280	260	240	260		
17:30	06:00	360	320	320	290	320	321.00	22.57
		300	330	300	330	340		
18:00	06:30	400	350	370	390	410	386.00	27.14
		380	360	390	400	410		
18:30	07:00	500	430	450	420	520	463.00	32.55
		520	390	480	500	420		
19:00	07:30	480	500	510	520	510	502.00	35.29
		490	480	500	510	520		
19:30	08:00	530	540	550	560	540	554.00	38.95
		560	540	570	570	580		
20:00	08:30	540	600	620	620	640	614.00	43.17
		580	600	680	650	610		




FOTO N° 01




FOTO N° 02

ANEXO E: RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN SIMPLE, DE LOS DISEÑOS REALIZADOS.

E.1: Diseño estándar $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$, con cemento yura IP a 01 día.

E.1.1 Testigo del Panel Cuadrado N° 01.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $f'_c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGIÓN DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	10/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (01)	5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	922.00	kgf					
	Tipo de falla	(B)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'_c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					$f'_c \text{ ENSAYO}$ (kg/cm ²)	$f'_c \text{ ENSAYO} / f'_c$ (%)
MOLDE CUADRADO (01)	09/12/2021	10/12/2021	1	280	922.00	20.27	45.49	16.25%
	FOTO N°01			FOTO N°02				
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro-Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.1.2 Testigo del Panel Cuadrado N° 02.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas									
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGIÓN DEL CUSCO-2018								
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge								
Ubicación	Cusco								
Fecha	10/09/2021								
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.								
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO IP								
			Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)				
			MOLDE CUADRADO (02)	5.07	10.00				
				5.08	10.00				
			Prom.:	5.08	10.00				
			Dial	886.00	kgf				
			Tipo de falla	(B)					
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39									
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)				
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo				
						$f_c = \frac{P}{A}$			
						$f_c = \frac{P}{A}$			
						$f_c = \frac{P}{A}$			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia		
	Moldeo	Rotura					f _{C ENSAYO} (kg/cm ²)	f _{C ENSAYO} / f _C (%)	
MOLDE CUADRADO (02)	09/12/2021	10/12/2021	1	280	886.00	20.27	43.71	15.61%	
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ.								
	Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".								
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN								

E.1.3 Testigo del Panel Cuadrado N° 03.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F'c = 280 KG/CM2 EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	10/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (03)	5.07	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	907.00	kgf					
	Tipo de falla	(B)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)			
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura		f'c (kg/cm ²)			f'c ENSAYO (kg/cm ²)	f'c ENSAYO / f'c (%)
MOLDE CUADRADO (03)	09/12/2021	10/12/2021	1	280	907.00	20.27	44.75	15.98%
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.1.4 Testigo del Panel Cuadrado N° 04.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGIÓN DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	10/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60m x 0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (04)	5.07	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	1074.00	kgf					
	Tipo de falla	(B)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kgf)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _{C ENSAYO} (kg/cm ²)	f _{C ENSAYO} / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (04)	09/12/2021	10/12/2021	1	280	1074.00	20.26	53.01	18.93%
				FOTO N°01		FOTO N° 02		
				<p>Figura 11.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de concreto. Fuente: Manual de Pruebas de Materiales de Construcción, 10ª edición, McGraw-Hill, 2007.</p>				
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60m x 0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.1.5 Testigo del Panel Cuadrado N° 05.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	10/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60m x 0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (05)	5.07	10.00					
		5.06	10.00					
	Prom.:	5.07	10.00					
	Dial	1207.00	kgf					
	Tipo de falla	(E)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kgf)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _C ENSAYO (kg/cm ²)	f _C ENSAYO / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (05)	09/12/2021	10/12/2021	1	280	1207.00	20.27	59.55	21.27%
				FOTO N°01		FOTO N° 02		
				<p>Figura 1.1.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de concreto. El gráfico muestra tres líneas de tendencia que indican un aumento de la resistencia con el tiempo para diferentes tipos de concreto.</p>				
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60m x 0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.1.6 Testigo del Panel Cuadrado N° 06.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	10/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60m x 0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (06)	5.07	10.00					
		5.06	10.00					
	Prom.:	5.07	10.00					
	Dial	1146.00	kgf					
	Tipo de falla	(B)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kgf)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _C ENSAYO (kg/cm ²)	f _C ENSAYO / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (06)	09/12/2021	10/12/2021	1	280	1146.00	20.27	56.55	20.19%
			FOTO N°01			FOTO N° 02		
<p>Figura 1.1 Gráfico de Resistencia vs tiempo en el tiempo 0, 1, Resúmenes de Resistencia (Mediciones de los cilindros y los cilindros preparados desde el día 0 y el día 1) en el tiempo 0 y 1 días de edad.</p>								
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60m x 0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.2: Diseño estándar $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, con cemento yura IP a 03 días.

E.2.1 Testigo del Panel Cuadrado N° 01.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas									
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $F'c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGIÓN DEL CUSCO-2018								
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge								
Ubicación	Cusco								
Fecha	12/09/2021								
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.								
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO IP								
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)						
	MOLDE CUADRADO (01)	5.08	10.00						
	Prom.:	5.08	10.00						
	Dial	1939.00	kgf						
	Tipo de falla	(B)							
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39									
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPRESIÓN DE RESULTADOS			
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo				
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño $f'c$ (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia		
	Moldeo	Rotura					$f'c$ ENSAYO (kg/cm ²)	$f'c$ ENSAYO / $f'c$ (%)	
MOLDE CUADRADO (01)	09/12/2021	12/12/2021	3	280	1939.00	20.26	95.71	34.18%	
FOTO N°01				FOTO N° 02					
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".								
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN								

E.2.2 Testigo del Panel Cuadrado N° 02.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $f'_c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	12/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (02)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	1624.00	kgf					
	Tipo de falla	(B)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICION DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'_c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f'_c ENSAYO (kg/cm ²)	f'_c ENSAYO / f'_c (%)
MOLDE CUADRADO (02)	09/12/2021	12/12/2021	3	280	1624.00	20.26	80.15	28.62%
				FOTO N°01		FOTO N° 02		
				<p>Figura 11.3 Gráfico de líneas f'_c versus tiempo de curado para 1, 3, 7, 14, 28, 56 y 90 días de curado. Fuente: ACI 308R-10, Guía de Diseño y Construcción de Concreto, Capítulo 11.3, Diagrama 11.3.1.</p>				
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.2.3 Testigo del Panel Cuadrado N° 03.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	12/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60m x 0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (03)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	1446.00	kgf					
	Tipo de falla	(B)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _C ENSAYO (kg/cm ²)	f _C ENSAYO / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (03)	09/12/2021	12/12/2021	3	280	1446.00	20.26	71.37	25.49%
FOTO N°01			FOTO N°02					
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60m x 0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.2.4 Testigo del Panel Cuadrado N° 04.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	12/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (04)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	1601.00	kgf					
	Tipo de falla	(B)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _C ENSAYO (kg/cm ²)	f _C ENSAYO / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (04)	09/12/2021	12/12/2021	3	280	1601.00	20.26	79.02	28.22%
				FOTO N°01		FOTO N° 02		
				<p>Figura 1.1.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de muestra 04. Se muestra la resistencia (kg/cm²) en función del tiempo (días) para el tipo de muestra 04. El gráfico muestra tres curvas que representan diferentes tipos de muestra, todas las cuales muestran un aumento de resistencia con el tiempo, con una tasa de crecimiento que disminuye a medida que avanza el tiempo.</p>				
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.2.5 Testigo del Panel Cuadrado N° 05.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	12/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60m x 0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (05)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	1336.00	kgf					
	Tipo de falla	(E)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICION DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _C ENSAYO (kg/cm ²)	f _C ENSAYO / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (05)	09/12/2021	12/12/2021	3	280	1336.00	20.26	65.93	23.55%
			FOTO N°01			FOTO N° 02		
			<p>Figura 1.1.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de muestra 05. Se muestra la resistencia (kg/cm²) en función del tiempo (días) para tres series de probetas. La resistencia aumenta con el tiempo, alcanzando valores entre 60 y 80 kg/cm² a los 28 días.</p>					
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60m x 0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.2.6 Testigo del Panel Cuadrado N° 06.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ['] C = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	12/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60m x 0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (06)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	1465.00	kgf					
	Tipo de falla	(B)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ['] c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f ['] _{C ENSAYO} (kg/cm ²)	f ['] _{C ENSAYO} / f ['] _{C (%)}
MOLDE CUADRADO (06)	09/12/2021	12/12/2021	3	280	1465.00	20.27	72.28	25.82%
				FOTO N°01		FOTO N° 02		
				<p>Figura 11.3 Gráfico de líneas f[']c con respecto al tiempo de curado para diferentes tipos de cemento Portland. Fuente: ACI 308R-10, Guía de Diseño y Construcción de Concreto, 11.3.1.1. Fuente: ACI 308R-10, Guía de Diseño y Construcción de Concreto, 11.3.1.1.</p>				
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60m x 0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.3: Diseño estándar $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$, con cemento yura IP a 07 días.

E.3.1 Testigo del Panel Cuadrado N° 01.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas									
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $F'C = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGION DEL CUSCO-2018								
Tesisistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge								
Ubicación	Cusco								
Fecha	16/09/2021								
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.								
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO IP								
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)						
	MOLDE CUADRADO (01)	5.08	10.00						
	Prom.:	5.08	10.00						
	Dial	2227.00	kgf						
	Tipo de falla	(B)							
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39									
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)				
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo				
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'_c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia		
	Moldeo	Rotura					$f_{c \text{ ENSAYO}}$ (kg/cm ²)	$f_{c \text{ ENSAYO}} / f'_c$ (%)	
MOLDE CUADRADO (01)	09/12/2021	16/12/2021	7	280	2227.00	20.27	109.89	39.25%	
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".								
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN								

E.3.2 Testigo del Panel Cuadrado N° 02.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	16/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (02)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	2106.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICION DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _C ENSAYO (kg/cm ²)	f _C ENSAYO / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (02)	09/12/2021	16/12/2021	7	280	2106.00	20.26	103.95	37.12%
				FOTO N°01		FOTO N° 02		
				<p>Figura 1.1.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de cemento IP y HE, Resistentes a la Resistencia (Shotcrete) en el diseño de concreto lanzado (Shotcrete) en la zona de Cusco.</p>				
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN							

E.3.3 Testigo del Panel Cuadrado N° 03.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $f'_c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	16/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (03)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	1890.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICION DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'_c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f'_c ENSAYO (kg/cm ²)	f'_c ENSAYO / f'_c (%)
MOLDE CUADRADO (03)	09/12/2021	16/12/2021	7	280	1890.00	20.26	93.27	33.31%
				FOTO N°01		FOTO N° 02		
				<p>Figura 1.1.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo en el ensayo 03. Se muestra la resistencia (kg/cm²) en función del tiempo (días) para tres probetas cilíndricas de concreto lanzado. El eje Y representa la resistencia en kg/cm² (0 a 300) y el eje X representa el tiempo en días (0 a 28). Las líneas muestran un aumento de resistencia con el tiempo, alcanzando valores entre 150 y 250 kg/cm² a los 28 días.</p>				
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN							

E.3.4 Testigo del Panel Cuadrado N° 04.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	16/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60m x 0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (04)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	1793.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _C ENSAYO (kg/cm ²)	f _C ENSAYO / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (04)	09/12/2021	16/12/2021	7	280	1793.00	20.26	88.50	31.61%
				FOTO N°01		FOTO N° 02		
				<p>Figura 1.1.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de muestra 04. Se muestra la resistencia (kg/cm²) en función del tiempo (días) para el tipo de muestra 04. El gráfico muestra tres curvas que representan diferentes niveles de resistencia a lo largo del tiempo de curado.</p>				
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60m x 0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.3.5 Testigo del Panel Cuadrado N° 05.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	16/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (05)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	1723.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICION DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _C ENSAYO (kg/cm ²)	f _C ENSAYO / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (05)	09/12/2021	16/12/2021	7	280	1723.00	20.26	85.04	30.37%
			FOTO N°01			FOTO N° 02		
<p>Figura 1.1.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo en el ensayo 05. Se muestra la resistencia de los probetas cilíndricas de concreto lanzado o shotcrete en la región del Cusco, Perú, durante los primeros 28 días de curado. El gráfico muestra tres líneas de tendencia que indican un aumento de la resistencia con el tiempo, con valores que alcanzan aproximadamente 85 kg/cm² a los 28 días.</p>								
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN							

E.3.6 Testigo del Panel Cuadrado N° 06.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	16/09/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO IP							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (06)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	1669.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _{C ENSAYO} (kg/cm ²)	f _{C ENSAYO} / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (06)	09/12/2021	16/12/2021	7	280	1669.00	20.27	82.34	29.41%
				FOTO N°01		FOTO N° 02		
<p>Figura 11.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de concreto Shotcrete. El gráfico muestra tres líneas que representan diferentes niveles de resistencia (f_c) en función del tiempo (en días). Las líneas muestran un aumento de la resistencia con el tiempo, con valores que alcanzan hasta 100 kg/cm² a los 28 días.</p>								
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN							

E.4: Diseño estándar $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, con cemento yura HE a 01 día.

E.4.1 Testigo del Panel Cuadrado N° 07.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas									
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $F'C = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGIÓN DEL CUSCO-2018								
Tesisistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge								
Ubicación	Cusco								
Fecha	11/12/2021								
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.								
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE								
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)						
	MOLDE CUADRADO (07)	5.08	10.00						
	Prom.:	5.08	10.00						
	Dial	2206.00	kgf						
	Tipo de falla	(B)							
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39									
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPRESIÓN DE RESULTADOS			
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo				
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño $f'c$ (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia		
	Moldeo	Rotura					$f'c$ ENSAYO (kg/cm ²)	$f'c$ ENSAYO / $f'c$ (%)	
MOLDE CUADRADO (07)	10/12/2021	11/12/2021	1	280	2206.00	20.27	108.84	38.87%	
		FOTO N°01			FOTO N° 02				
<p>Figura 11.3 Gráfico de Resistencia de Compresión vs. Edad (días). Respuestas de resistencia de compresión de probetas cilíndricas de concreto lanzado y convencional preparadas en el Laboratorio de Pruebas de Materiales de la Universidad de Cusco.</p>									
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".								
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN								

E.4.2 Testigo del Panel Cuadrado N° 08.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	11/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (08)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	1801.00	kgf					
	Tipo de falla	(B)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICION DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _C ENSAYO (kg/cm ²)	f _C ENSAYO / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (08)	10/12/2021	11/12/2021	1	280	1801.00	20.27	88.87	31.74%
			FOTO N°01			FOTO N° 02		
<p>Figura 11.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de concreto. El gráfico muestra tres líneas de tendencia que representan el desarrollo de la resistencia del concreto a lo largo del tiempo (en días) para diferentes tipos de cemento. La resistencia aumenta con el tiempo y se estabiliza después de unos días.</p>								
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN							

E.4.3 Testigo del Panel Cuadrado N° 09.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	11/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60m x 0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (09)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	2545.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _C ENSAYO (kg/cm ²)	f _C ENSAYO / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (09)	10/12/2021	11/12/2021	1	280	2545.00	20.26	125.61	44.86%
			FOTO N°01			FOTO N° 02		
			<p>Figura 11.3 Gráfico de líneas f_c versus tiempo de curado para f_c = 280 kg/cm². Fuente: Administración de Construcción de la Universidad de Ingeniería y Tecnología, Perú. Clase A y B, Clase A y B, Clase A y B.</p>					
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60m x 0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.4.4 Testigo del Panel Cuadrado N° 10.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $f'_c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	11/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (10)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	2302.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'_c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f'_c ENSAYO (kg/cm ²)	f'_c ENSAYO / f'_c (%)
MOLDE CUADRADO (10)	10/12/2021	11/12/2021	1	280	2302.00	20.27	113.57	40.56%
			FOTO N°01			FOTO N° 02		
<p>Figura 11.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de concreto. El gráfico muestra tres líneas de tendencia que indican un aumento de la resistencia con el tiempo, desde aproximadamente 100 kg/cm² a los 7 días hasta 200 kg/cm² a los 28 días.</p>								
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.4.5 Testigo del Panel Cuadrado N° 11.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $f'_c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	11/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (11)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	2183.00	kgf					
	Tipo de falla	(B)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICION DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'_c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f'_c ENSAYO (kg/cm ²)	f'_c ENSAYO / f'_c (%)
MOLDE CUADRADO (11)	10/12/2021	11/12/2021	1	280	2183.00	20.27	107.72	38.47%
			FOTO N°01			FOTO N° 02		
<p>Figura 11.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de muestra 11. Resquebrajamiento del concreto en el momento de la rotura. Clase A, serie 4 y 5. Clase A, serie 6 y 7, serie 8 y 9.</p>								
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN							

E.4.6 Testigo del Panel Cuadrado N° 12.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $f'_c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	11/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (12)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	1981.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICION DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'_c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f'_c ENSAYO (kg/cm ²)	f'_c ENSAYO / f'_c (%)
MOLDE CUADRADO (12)	10/12/2021	11/12/2021	1	280	1981.00	20.27	97.74	34.91%
			FOTO N°01			FOTO N° 02		
<p>Figura 11.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de concreto. Se muestra la resistencia desarrollada en el tiempo para el concreto tipo IP y HE. El gráfico muestra tres líneas de tendencia que indican un aumento de la resistencia con el tiempo, con valores que alcanzan hasta 100 kg/cm² a los 28 días.</p>								
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN							

E.5: Diseño estándar $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, con cemento yura HE a 03 días.

E.5.1 Testigo del Panel Cuadrado N° 07.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $F'c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGIÓN DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	13/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (07)	5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	2422.00	kgf					
	Tipo de falla	(B)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPRESIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño $f'c$ (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					$f'c$ ENSAYO (kg/cm ²)	$f'c$ ENSAYO / $f'c$ (%)
MOLDE CUADRADO (07)	10/12/2021	13/12/2021	3	280	2422.00	20.26	119.54	42.69%
		FOTO N°01		FOTO N° 02				
				Figura 11.3. Gráfico de Resistencia de Compresión vs. Edad. Respuestas de resistencia de compresión de concreto en función del tiempo (ASTM C 39). Fuente: ACI, 2004.				
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ.							
	Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.5.2 Testigo del Panel Cuadrado N° 08.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $f'_c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	13/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (08)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	2227.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICION DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'_c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f'_c ENSAYO (kg/cm ²)	f'_c ENSAYO / f'_c (%)
MOLDE CUADRADO (08)	10/12/2021	13/12/2021	3	280	2227.00	20.27	109.89	39.25%
				FOTO N°01		FOTO N° 02		
				<p>Figura 1.1.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de muestra 08. Se muestra la resistencia desarrollada en los días 3, 7, 14, 28 y 56 días de edad para el tipo de muestra 08. El tipo de muestra es el tipo de muestra 08.</p>				
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN							

E.5.3 Testigo del Panel Cuadrado N° 09.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	13/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (09)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	2851.00	kgf					
	Tipo de falla	(B)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _{C ENSAYO} (kg/cm ²)	f _{C ENSAYO} / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (09)	10/12/2021	13/12/2021	3	280	2851.00	20.27	140.66	50.24%
			FOTO N°01			FOTO N° 02		
<p>Figura 1.1.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para diferentes tipos de cemento. El gráfico muestra la resistencia (kg/cm²) en el eje Y (rango 0-40) frente al tiempo (días) en el eje X (rango 0-28). Se observan tres líneas de tendencia que indican un aumento de la resistencia con el tiempo para los diferentes tipos de cemento.</p>								
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.5.4 Testigo del Panel Cuadrado N° 10.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGIÓN DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	13/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Díametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (10)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	2737.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPRESIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _{C ENSAYO} (kg/cm ²)	f _{C ENSAYO} / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (10)	10/12/2021	13/12/2021	3	280	2737.00	20.26	135.08	48.24%
			FOTO N°01			FOTO N° 02		
<p>Figura 11.3 Gráfico de resistencia vs tiempo para diferentes cementos. El gráfico muestra la evolución de la resistencia a compresión (kg/cm²) en función del tiempo (días) para tres tipos de cemento: CEM I (triángulos), CEM II (cuadrados) y CEM III (círculos). La resistencia aumenta con el tiempo y es mayor para el CEM III.</p>								
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.5.5 Testigo del Panel Cuadrado N° 11.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	13/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (11)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	2643.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICION DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _C ENSAYO (kg/cm ²)	f _C ENSAYO / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (11)	10/12/2021	13/12/2021	3	280	2643.00	20.27	130.40	46.57%
		FOTO N°01		FOTO N°02				
<p>Figura 11.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de muestra 11. Resultados de resistencia (kg/cm²) en función del tiempo (días) para el tipo de muestra 11. Datos: 3 días: 130.40 kg/cm²; 7 días: 150.00 kg/cm²; 14 días: 170.00 kg/cm²; 28 días: 190.00 kg/cm².</p>								
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.6: Diseño estándar $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, con cemento yura HE a 07 días.

E.6.1 Testigo del Panel Cuadrado N° 07.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas									
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $F'c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGION DELCUSCO-2018								
Tesisistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge								
Ubicación	Cusco								
Fecha	17/12/2021								
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.								
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE								
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)						
	MOLDE CUADRADO (07)	5.08	10.00						
	Prom.:	5.08	10.00						
	Dial	2687.00	kgf						
	Tipo de falla	(D)							
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39									
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)				
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo				
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño $f'c$ (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia		
	Moldeo	Rotura					$f'c$ ENSAYO (kg/cm ²)	$f'c$ ENSAYO / $f'c$ (%)	
MOLDE CUADRADO (07)	10/12/2021	17/12/2021	7	280	2687.00	20.27	132.57	47.35%	
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".								
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN								

E.6.2 Testigo del Panel Cuadrado N° 08.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	17/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (08)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	2483.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICION DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _C ENSAYO (kg/cm ²)	f _C ENSAYO / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (08)	10/12/2021	17/12/2021	7	280	2483.00	20.27	122.51	43.76%
		FOTO N°01				FOTO N° 02		
		<p>Figura 1.1.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo en el ensayo de compresión simple. Se muestra la resistencia de los probetas cilíndricas de concreto lanzado o shotcrete en la región del Cusco, Perú, durante el tiempo de curado de 7 días.</p>						
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN							

E.6.3 Testigo del Panel Cuadrado N° 09.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	17/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (09)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	3655.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICION DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _C ENSAYO (kg/cm ²)	f _C ENSAYO / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (09)	10/12/2021	17/12/2021	7	280	3655.00	20.26	180.40	64.43%
				FOTO N°01		FOTO N° 02		
				<p>Figura 11.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de muestra 09, Resquebrajamiento del concreto lanzado y moldeado por presión (resquebrajamiento) en el tipo de muestra 09 y 02.</p>				
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN							

E.6.4 Testigo del Panel Cuadrado N° 10.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	17/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60m x 0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (10)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	3216.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo	D		
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _C ENSAYO (kg/cm ²)	f _C ENSAYO / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (10)	10/12/2021	17/12/2021	7	280	3216.00	20.26	158.71	56.68%
			FOTO N°01			FOTO N° 02		
			<p>Figura 1.1.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de cemento Portland tipo HE, Resistencia de resistencia (kg/cm²) vs tiempo (días) y Resistencia (kg/cm²) vs tiempo (días) para el tipo de cemento Portland tipo HE.</p>					
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60m x 0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

E.6.5 Testigo del Panel Cuadrado N° 11.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE F ^c = 280 KG/CM ² EN LA REGION DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	17/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (11)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	2483.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPOSICIÓN DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f ^c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _{C ENSAYO} (kg/cm ²)	f _{C ENSAYO} / f _C (%)
MOLDE CUADRADO (11)	10/12/2021	17/12/2021	7	280	2483.00	20.27	122.51	43.76%
				FOTO N°01		FOTO N° 02		
				<p>Figura 11.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de concreto. El gráfico muestra tres líneas de tendencia que indican un aumento de la resistencia con el tiempo, desde aproximadamente 100 kg/cm² a los 7 días hasta 200 kg/cm² a los 28 días.</p>				
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1200KN							

E.6.6 Testigo del Panel Cuadrado N° 12.

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas								
Tesis	ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $f'_c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGIÓN DEL CUSCO-2018							
Tesistas	LUNA PARO , Sergio Kevin y ZEVALLOS RADO , Giancarlo Jorge							
Ubicación	Cusco							
Fecha	17/12/2021							
Muestra	Testigos Cilíndricos de Concreto extraídos con Diamantina.							
Estructura y Elemento	Moldes cuadrados de 0.60mx0.60m. - CEMENTO TIPO HE							
	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)					
	MOLDE CUADRADO (12)	5.08	10.00					
		5.08	10.00					
	Prom.:	5.08	10.00					
	Dial	2851.00	kgf					
	Tipo de falla	(D)						
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39								
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	EXPRESION DE RESULTADOS		
	Cono	Cono y Separación	Corte	Columnar	Fracturas laterales en la parte superior o fondo			
Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'_c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f'_c ENSAYO (kg/cm ²)	f'_c ENSAYO / f'_c (%)
MOLDE CUADRADO (12)	10/12/2021	17/12/2021	7	280	2851.00	20.27	140.66	50.24%
			FOTO N°01			FOTO N° 02		
<p>Figura 11.3 Gráfico de Resistencia vs tiempo para el tipo de muestra 12.1, Resquebraje de resistencia (Resistencia de diseño y Resistencia por presión de diseño) para el tipo de muestra 12.1. Datos: Muestra 12.1, edad 7 días.</p>								
Observación	Las muestras de los paneles cuadrados de 0.60mx0.60m fueron elaboradas in situ. Los testigos fueron extraídos mediante diamantina de 2"x4".							
EQUIPO:	Prensa Electro -Hidráulica, capacidad 1200KN							

ANEXO F: REGISTRO FOTOGRÁFICO



FOTOGRAFÍA 01

Ensayo, Lavado del fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado fino, realizado en el laboratorio de planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 02

Ensayo, cantidad de fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado fino, realizado en el laboratorio de planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 03

Fotografía 02. Ingreso del agregado fino hacia el horno, realizado en el laboratorio de planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 04

Fotografía 02. Retirado del agregado fino seco del horno, realizado en el laboratorio de planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 05

Ensayo granulométrico del agregado.



FOTOGRAFÍA 06

Ensayo granulométrico del agregado.



FOTOGRAFÍA 07

Vista del agregado fino, después de realizado el ensayo de granulometría en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 08

Material seco luego del secado en horno preparado para realizar el peso específico en el agregado fino en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 09

Ensayo del cono para establecer condiciones del SSS del agregado fino en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 10

Sumergido del matraz, para en ensayo de peso específico del agregado fino en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 11

Pesado con el matraz, para en ensayo de peso específico del agregado fino en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 12

Se observa el pesado del cemento para la tanda de prueba N° 01 en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 13

Se observa el pesado de los materiales para la tanda de prueba N° 01 en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 14

Se observa la mezcla de concreto para la tanda de prueba N° 01 en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 15

Se observa la mezcla de concreto para la tanda de prueba N° 02 en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 16

Se observa el SLUMP para la tanda de prueba N° 01 en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 17

Se observa el SLUMP para la tanda de prueba N° 01 en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 18

Se observa el llenado de testigos de concreto de la prueba N° 01 en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 19

Se observa el nivelado de testigos de concreto de la prueba N° 01 en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 20

Se observa el desmoldado de los testigos cilíndricos de la prueba N° 01 en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 21

Se observa el curado de los testigos cilíndricos de las pruebas realizadas en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 22

Rotura de probetas de concreto de la prueba N° 01 en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 23

Rotura de probetas concreto de la prueba N° 01 en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 22

Rotura de probetas de concreto de la pruebas N° 01 al N° 05 en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 25

Resultados a compresión de los testigos de concreto de las pruebas realizadas en el laboratorio de la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 26

Construcción de zaranda con malla galvanizada de 3/8" en la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 27

Zarandeo del agregado fino en la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 28

Movilización de maquinaria y equipos hacia la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 29

Movilización de equipos hacia la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 30

Movilización de compresora hacia la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 31

Organización de la maquinaria y equipos en la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 32

Llenado de agua en los tanques en la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 33

Culminación de la movilización de maquinaria y equipos en la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 34

Pesado de materiales en la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 35

Materiales pesados para el concreto en la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 36

Aplicado de desmoldante en paneles cuadrados en la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 37

Ubicación de los paneles antes del vaciado de shotcrete, en la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 38

Verificación de la boquilla para el shotcrete.



FOTOGRAFÍA 39

Verificación de materiales y equipos antes del inicio de proyección del shotcrete en la planta de concreto Conarena.



FOTOGRAFÍA 40

Producción del concreto con cemento Yura IP.



FOTOGRAFÍA 41

Producción del concreto con cemento Yura IP.



FOTOGRAFÍA 42

Verificación de la mezcla del concreto.



FOTOGRAFÍA 43

Verificación del vaciado de concreto hacia la tolva de la bomba de shotcrete



FOTOGRAFÍA 44

Proyección de concreto con cemento Yura IP.



FOTOGRAFÍA 45

Proyección del concreto con cemento Yura IP en paneles cuadrados.



FOTOGRAFÍA 46

Enrasado o nivelado de paneles de concreto cemento IP



FOTOGRAFÍA 47

Enrasado o nivelado de paneles de concreto cemento IP



FOTOGRAFÍA 48

Control de calidad con el penetrómetro pocket Panel N° 01-IP.



FOTOGRAFÍA 49

Control de calidad con el penetrómetro pocket Panel N° 02-IP.



FOTOGRAFÍA 50

Control de calidad con el penetrómetro pocket Panel N° 03-IP.



FOTOGRAFÍA 51

Control de calidad con el penetrómetro pocket Panel N° 04-IP.



FOTOGRAFÍA 52

Control de calidad con el penetrómetro pocket Panel N° 05-IP.



FOTOGRAFÍA 53

Control de calidad con el penetrómetro pocket Panel N° 06-IP.



FOTOGRAFÍA 54

Desmoldaje de paneles cuadrados del Panel N° 01 a 06-IP.



FOTOGRAFÍA 55

Limpieza y curado de moldes para la siguiente prueba.



FOTOGRAFÍA 56

Proyección del concreto con cemento Yura HE en paneles cuadrados.



FOTOGRAFÍA 57

Proyección del concreto con cemento Yura HE en paneles cuadrados.



FOTOGRAFÍA 58

Enrasado o nivelado de muestras de paneles cuadrados con cemento HE.



FOTOGRAFÍA 59

Enrasado o nivelado de muestras de paneles cuadrados con cemento HE.



FOTOGRAFÍA 60

Toma de testigos extraídos con broca diamantina de 2" panel N° 01-IP.



FOTOGRAFÍA 61

Toma de testigos extraídos con broca diamantina de 2" panel N° 02-IP.



FOTOGRAFÍA 62

Toma de testigos extraídos con broca diamantina de 2" panel N° 03-IP.



FOTOGRAFÍA 63

Toma de testigos extraídos con broca diamantina de 2" panel N° 04-IP.



FOTOGRAFÍA 64

Toma de testigos extraídos con broca diamantina de 2" panel N° 05-IP.



FOTOGRAFÍA 65

Toma de testigos extraídos con broca diamantina de 2" panel N° 06-IP.



FOTOGRAFÍA 66

Testigo de concreto extraído con broca diamantina 2".



FOTOGRAFÍA 67

Testigos de concreto con cemento yura IP a 01 día, extraído con broca diamantina 2".



FOTOGRAFÍA 68

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP panel N° 01.



FOTOGRAFÍA 69

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP panel N° 01.



FOTOGRAFÍA 70

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP panel N° 02.



FOTOGRAFÍA 71

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP panel N° 02.



FOTOGRAFÍA 72

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP panel N° 03.



FOTOGRAFÍA 73

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP panel N° 03.



FOTOGRAFÍA 74

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP panel N° 04.



FOTOGRAFÍA 75

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP panel N° 04.



FOTOGRAFÍA 76

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP panel N° 05.



FOTOGRAFÍA 77

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP panel N° 05.



FOTOGRAFÍA 78

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP panel N° 06.



FOTOGRAFÍA 79

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP panel N° 06.



FOTOGRAFÍA 80

Control de calidad con el penetrómetro pocket Panel N° 07-HE.



FOTOGRAFÍA 81

Control de calidad con el penetrómetro pocket Panel N° 08-HE.



FOTOGRAFÍA 82

Control de calidad con el penetrómetro pocket Panel N° 09-HE.



FOTOGRAFÍA 83

Control de calidad con el penetrómetro pocket Panel N° 10-HE.



FOTOGRAFÍA 84

Control de calidad con el penetrómetro pocket Panel N° 11-HE.



FOTOGRAFÍA 85

Control de calidad con el penetrómetro pocket Panel N° 12-HE.



FOTOGRAFÍA 86

Toma de testigos extraídos con broca diamantina de 2" panel N° 07-HE.



FOTOGRAFÍA 87

Toma de testigos extraídos con broca diamantina de 2" panel N° 08-HE.



FOTOGRAFÍA 88

Toma de testigos extraídos con broca diamantina de 2" panel N° 09-HE.



FOTOGRAFÍA 89

Toma de testigos extraídos con broca diamantina de 2" panel N° 10-HE.



FOTOGRAFÍA 90

Toma de testigos extraídos con broca diamantina de 2" panel N° 11-HE.



FOTOGRAFÍA 91

Toma de testigos extraídos con broca diamantina de 2" panel N° 12-HE.



FOTOGRAFÍA 92

Codificación de testigos cilíndricos



FOTOGRAFÍA 93

Codificación de testigos cilíndricos



FOTOGRAFÍA 94

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 03 días panel N° 01.



FOTOGRAFÍA 95

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 03 días panel N° 01.



FOTOGRAFÍA 96

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 03 días panel N° 02.



FOTOGRAFÍA 97

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 03 días panel N° 02.



FOTOGRAFÍA 98

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 03 días panel N° 03.



FOTOGRAFÍA 99

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 03 días panel N° 03.



FOTOGRAFÍA 100

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 03 días panel N° 04.



FOTOGRAFÍA 101

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 03 días panel N° 04.



FOTOGRAFÍA 102

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 03 días panel N° 05.



FOTOGRAFÍA 103

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 03 días panel N° 05.



5

FOTOGRAFÍA 104

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 03 días panel N° 06.



FOTOGRAFÍA 105

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 03 días panel N° 06.



FOTOGRAFÍA 106

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 07 días panel N° 01.



FOTOGRAFÍA 107

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 07 días panel N° 01.



FOTOGRAFÍA 108

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 07 días panel N° 02.



FOTOGRAFÍA 109

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 07 días panel N° 02.



FOTOGRAFÍA 110

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 07 días panel N° 03.



FOTOGRAFÍA 111

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 07 días panel N° 03.



FOTOGRAFÍA 112

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 07 días panel N° 04.



FOTOGRAFÍA 113

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 07 días panel N° 04.



FOTOGRAFÍA 114

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 07 días panel N° 05.



FOTOGRAFÍA 115

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 07 días panel N° 05.



FOTOGRAFÍA 116

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 07 días panel N° 06.



FOTOGRAFÍA 117

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura IP a 07 días panel N° 06.



FOTOGRAFÍA 118

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 01 día panel N° 07.



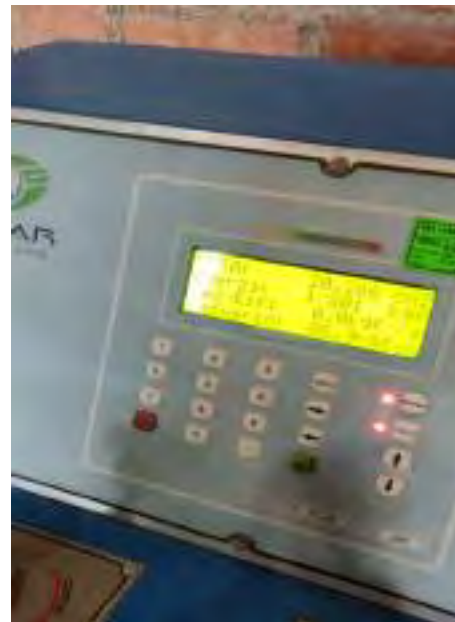
FOTOGRAFÍA 119

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 01 día panel N° 07.



FOTOGRAFÍA 120

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 01 días panel N° 08.



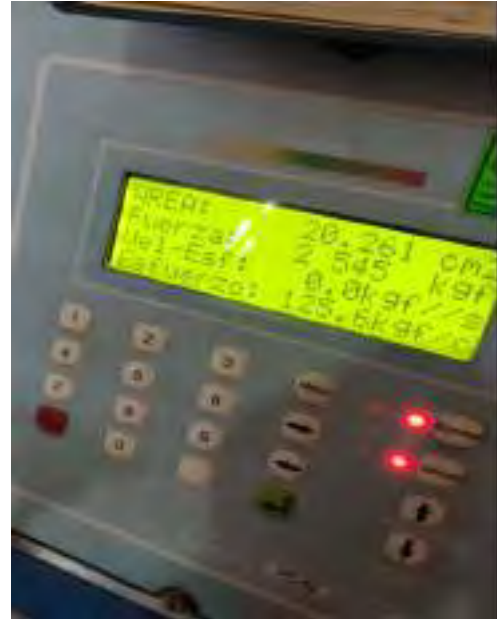
FOTOGRAFÍA 121

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 01 días panel N° 08.



FOTOGRAFÍA 122

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 01 día panel N° 09.



FOTOGRAFÍA 123

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 01 día panel N° 09.



FOTOGRAFÍA 124

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 01 día panel N° 10.



FOTOGRAFÍA 125

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 01 días panel N° 10.



FOTOGRAFÍA 126

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 01 día panel N° 11.



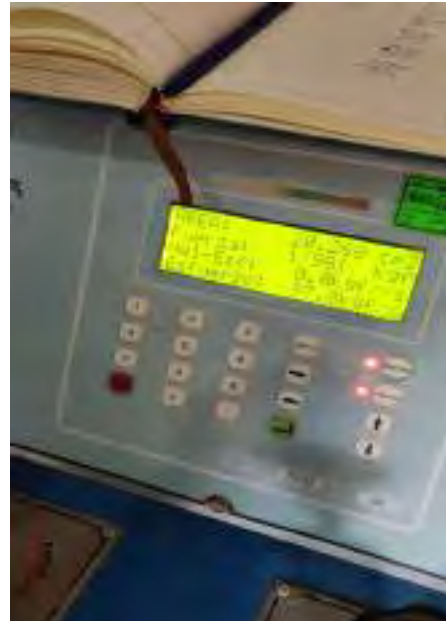
FOTOGRAFÍA 127

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 01 día panel N° 11.



FOTOGRAFÍA 128

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 01 día panel N° 12.



FOTOGRAFÍA 129

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 01 días panel N° 12.



FOTOGRAFÍA 130

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 03 días panel N° 07.



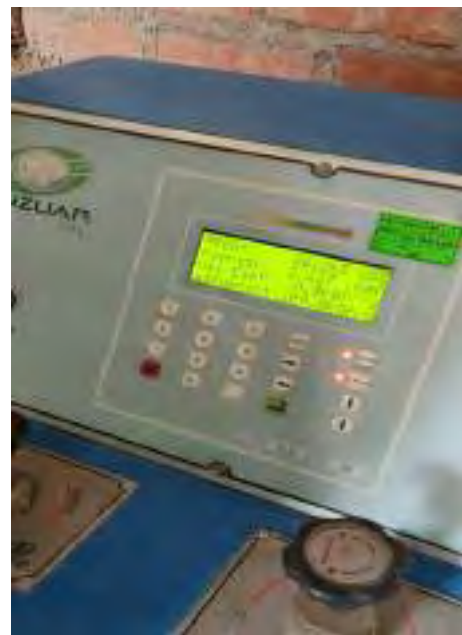
FOTOGRAFÍA 131

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 03 días panel N° 07.



FOTOGRAFÍA 132

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 03 días panel N° 08.



FOTOGRAFÍA 133

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 03 días panel N° 08.



FOTOGRAFÍA 134

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 03 días panel N° 09.



FOTOGRAFÍA 135

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 03 días panel N° 09.



FOTOGRAFÍA 136

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 03 días panel N° 10.



FOTOGRAFÍA 137

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 03 días panel N° 10.



FOTOGRAFÍA 138

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 03 días panel N° 11.



FOTOGRAFÍA 139

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 03 días panel N° 11.



FOTOGRAFÍA 140

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 03 días panel N° 12.



FOTOGRAFÍA 141

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 03 días panel N° 12.



FOTOGRAFÍA 142

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 07 días panel N° 07.



FOTOGRAFÍA 143

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 07 días panel N° 07.



FOTOGRAFÍA 144

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 07 días panel N° 08.



FOTOGRAFÍA 145

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 07 días panel N° 08.



FOTOGRAFÍA 146

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 07 días panel N° 09.



FOTOGRAFÍA 147

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 07 días panel N° 09.



FOTOGRAFÍA 148

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 07 días panel N° 10.



FOTOGRAFÍA 149

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 07 días panel N° 10.



FOTOGRAFÍA 150

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 07 días panel N° 11.



FOTOGRAFÍA 151

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 07 días panel N° 11.



FOTOGRAFÍA 152

Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 07 días panel N° 12.



FOTOGRAFÍA 153

Lectura del Dial del Ensayo de testigos a compresión simple con cemento yura HE a 07 días panel N° 12.

