

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO
ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA
A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN
VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE
SICUANI-CUSCO 2025**

PRESENTADO POR:

Br. WILLIAN JULBERT ARONACA SURCO
Br. SVETLANNY BETZAYDA MAMANI
CONDORI

**PARA OPTAR TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO CIVIL**

ASESOR:

Ing. JOSE FELIPE AZPILCUETA
CARBONELL

CUSCO - PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** ING. JOSE FELILPE AZPILCUETA CARBONELL quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada:

“EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025”,

Presentado por: WILLIAN JULBERT ARONACA SURCO con DNI Nro.: 71386278,

presentado por: SVETLANNY BETZAYDA MAMANI CONDORI con DNI Nro.: 73888029

Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO CIVIL

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de **8%**.

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

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 19 de junio de 2026



Firmado digitalmente por:
AZPILCUETA CARBONELL JOSE
FELIPE FIR 23881345 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 19/06/2026 11:14:56-0500

Firma

Post firma: Ing. José Felipe Azpilcueta Carbonell

Nro. de DNI: 23881345

ORCID del Asesor: 0000-0003-3954-4737

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid: 27259: 601216999**
3. <https://unsaac.turnitin.com/viewer/submissions/oid:27259:601216999?locale=es-MX>

ARONACA - MAMANI WILLIAN - BETZAYDA

EFFECTO CORROSIÓN DE BARRAS DE ACERO ESTRUCTURAL Y RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:601216999

Fecha de entrega

19 jun 2026, 10:39 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

19 jun 2026, 11:00 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

EFFECTO CORROSIÓN DE BARRAS DE ACERO ESTRUCTURAL Y RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LApdf

Tamaño del archivo

20.2 MB

369 páginas

59.383 palabras

276.481 caracteres

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 13 palabras)

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi papá Wilberth, mi mamá Julia, mi hermano Deyvis por siempre apoyarme y estar en los momentos más difíciles, a todos los familiares quienes nos ayudaron y apoyaron durante nuestra investigación.

Willian Julbert Aronaca Surco

Dedico este trabajo a mi familia, que ha sido mi sostén en cada paso de este camino. A mis padres, por su amor incondicional, sus sacrificios y su fe inagotable en mí; a mi hermana Sara, por su compañía y ánimo constante.

Svetlanny Betzayda Mamani Condori

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro sincero agradecimiento al Ing. José Azpilcueta Carbonell, nuestro asesor, por su constante apoyo, paciencia y dedicación durante el desarrollo de esta tesis. Su guía experta, compromiso y conocimientos fueron esenciales para culminar esta investigación con éxito.

Asimismo, agradecemos profundamente a los ingenieros, nuestros docentes que compartieron con nosotros sus conocimientos y experiencias. Cada conversación, consejo y enseñanza nos permitió ampliar nuestra perspectiva sobre la ingeniería y enriquecernos tanto en lo académico como en lo humano.

A nuestros amigos y compañeros de código, gracias por su compañía en cada etapa de este recorrido. Por las horas de estudio compartidas, el aliento mutuo en los momentos difíciles y las alegrías celebradas en equipo. Su amistad y colaboración hicieron de este camino una profesional. experiencia más llevadera y significativa.

Finalmente, a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, nuestra alma mater, gracias por acogernos, enseñarnos y acompañarnos en este camino de crecimiento. Esta institución ha sido más que un lugar de estudio: ha sido el espacio donde descubrimos nuestra vocación y forjamos nuestro futuro.

Willian Julbert Aronaca Surco y Svetlanny Betzayda Mamani Condori

RESUMEN

Esta investigación evalúa el impacto de la corrosión de las barras de acero estructural en la resistencia a la flexión y la adherencia del concreto armado, utilizando materiales locales: agregado fino de Marangani, agregado grueso de Ayaviri y aceros corroídos de obras locales. Primero, se analizó el acero con corrosión ambiental, registrando una pérdida de peso promedio del 0.64%. Luego, se aplicó un proceso de corrosión acelerada en laboratorio para replicar este estado en nuevas varillas, alcanzando un 0.60%. Se fabricaron probetas cilíndricas para verificar la resistencia de la mezcla, vigas de 15x15x110 cm con aceros embebidos para los ensayos de flexión, y cubos de 10x10x22.5 cm para las pruebas de adherencia. Tras 31 días de curado, los ensayos mecánicos revelaron que una corrosión del 0.60% reduce la resistencia a la flexión en un 8.82% en comparación con los elementos de control sin corroer. Este comportamiento se atribuye directamente a la disminución del diámetro nominal de las varillas. Asimismo, la adherencia entre el acero y el concreto disminuyó un 3.61%, consecuencia de la rugosidad superficial generada por el óxido. Se concluye que incluso niveles bajos de corrosión (0.60%) deterioran las propiedades mecánicas del concreto armado, afectando negativamente la capacidad estructural y reduciendo significativamente su resistencia a la flexión.

Palabras clave: Corrosión en acero, Vigas, Resistencia a la flexión, Adherencia.

ABSTRACT

This research evaluates the impact of structural steel bar corrosion on the flexural strength and bond strength of reinforced concrete, utilizing local materials: fine aggregate from Marangani, coarse aggregate from Ayaviri, and corroded steel from local construction sites. First, steel with environmental corrosion was analyzed, recording an average weight loss of 0.64%. Then, an accelerated corrosion process was applied in the laboratory to replicate this state in new rebars, reaching 0.60%. Cylindrical concrete specimens were manufactured to verify the mix design strength, along with 15x15x110 cm concrete beams with embedded steel for flexural testing, and 10x10x22.5 cm concrete blocks for bond testing. After 31 days of curing, mechanical tests revealed that a 0.60% corrosion level reduces flexural strength by 8.82% compared to uncorroded control elements. This behavior is directly attributed to the reduction in the nominal diameter of the rebars. Likewise, the bond strength between steel and concrete decreased by 3.61% due to the surface roughness generated by corrosion. It is concluded that even low corrosion levels (0.60%) deteriorate the mechanical properties of reinforced concrete, negatively affecting structural capacity and significantly reducing its flexural strength.

Keywords: Steel corrosion, Beams, Flexural strength, Bond strength.

INDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
2.1.1	Conveniencia	2
2.1.2	Relevancia social	2
2.1.3	Implicancias practicas.....	3
2.1.4	Valor teórico	3
2.1.5	Utilidad metodológica.....	3
3	PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
3.1	Identificación del problema	4
3.2	Formulación de problemas	5
3.2.1	Problema general	5
3.2.2	Problemas específicos.....	5
4	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	6
4.1.1	Objetivo general.....	6
4.1.2	Objetivos específicos	6
4.2	Delimitación espacial y temporal	6
4.3	Limitaciones	6
4.3.1	Limitaciones teóricas	6
4.3.2	Limitaciones técnicas.....	7
5	MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	8
5.1	Antecedentes de la investigación.....	8

5.1.1	Antecedentes internacionales.....	8
5.1.2	Antecedentes nacionales	9
5.2	Bases teóricas	10
5.2.1	Resistencia a la flexión de elementos estructurales	10
5.2.2	Diseño de mezcla de concreto según el método ACI	16
5.2.3	Corrosión del acero de refuerzo en el concreto	34
5.2.4	Relación entre la corrosión del acero y la resistencia a la flexión	45
5.2.5	Base estadística	46
6	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	51
6.1	Formulación de hipótesis.....	51
6.1.1	Hipótesis general.....	51
6.1.2	Hipótesis específicas.....	51
6.2	Identificación y operacionalización de variables.....	51
6.2.1	Identificación de variables	51
6.2.2	Matriz de consistencia	52
6.2.3	Matriz de operacionalización de variables.....	53
6.3	Definición de términos básicos.....	54
7	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	56
7.1	Enfoque de la investigación.....	56
7.2	Tipo de investigación	56
7.3	Nivel de investigación	56
7.4	Diseño de investigación.....	57

7.4.1	Diseños cuasi experimentales	57
7.5	Población y muestra	57
7.5.1	Población	57
7.5.2	Muestra	57
7.5.3	Tipos de muestreo	59
7.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
7.6.1	Técnicas	59
7.6.2	Instrumentos de investigación	59
8	DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN	78
8.1	Ubicación del lugar de la investigación.....	78
8.2	Recolección de datos	78
8.3	Evaluación del porcentaje de corrosión en las varillas de acero corrugado utilizados en la ciudad de Sicuani.....	78
8.3.1	Prueba t para aceros de diámetro 1/2"	98
8.3.2	Prueba t para aceros de diámetro 3/8"	103
8.4	Diseño de mezclas	108
8.4.1	Muestreo de los agregados.....	108
8.4.2	Peso unitario del agregado fino y agregado grueso	113
8.4.3	Peso específico y absorción del agregado fino y agregado grueso	117
8.4.4	Contenido de humedad de agregado fino y agregado grueso	121
8.4.5	Resumen de datos agregados	123
8.4.6	Elaboración de probetas cilíndricas para evaluación del diseño de mezclas .	125

8.4.7	Ph del agua.....	143
8.4.8	Proceso de oxidación del acero corrugado de 3/8”.....	149
8.4.9	Diseño de viga	158
8.4.10	Diseño de prismas rectangulares para ensayo de adherencia.....	166
8.4.11	Mecanismo para el ensayo de adherencia.....	166
8.5	Procedimiento de análisis de datos.....	168
8.5.1	Diseño de mezclas	168
8.5.2	Ensayo de compresión en briquetas de concreto	173
8.5.3	Ensayo de adherencia en dados de concreto con acero embebido.....	180
8.5.4	Ensayo de resistencia a la flexión	192
8.5.5	Cálculo del Momento ultimo teórico en base a los resultados de compresión, experimental	201
8.5.6	Comparación del Momento ultimo teórico	207
9	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	208
9.1	Resultados de porcentaje de corrosión del acero corrugado de 3/8”.....	208
9.2	Resultados de ensayos realizados a los agregados	209
9.3	Resultados de la dosificación	209
9.4	Resultados de la resistencia a la compresión.....	210
9.5	Resultados del diseño de viga.....	215
9.6	Resultados del ensayo de adherencia.....	216
9.6.1	Resultados de la fuerza de unión normalizada.....	216
9.7	Resultados del ensayo de flexión.....	219

9.7.1	Resultados del momento último	219
10	DISCUSION DE RESULTADOS	223
10.1	Discusión respecto a los objetivos de investigación.....	223
10.1.1	Discusión del objetivo general.....	223
10.1.2	Discusión del primer objetivo específico.....	223
10.1.3	Discusión del segundo objetivo específico	224
10.1.4	Discusión del tercer objetivo específico	225
10.2	Discusión personal.....	229
11	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	232
11.1	CONCLUSIONES.....	232
11.1.1	Conclusiones para el objetivo general	232
11.1.2	Conclusiones para los objetivos específicos	232
11.2	RECOMENDACIONES	233
	REFERENCIAS	234
	ANEXOS.....	241

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ensayo a flexión en 4 puntos</i>	14
Figura 2 <i>Viga simplemente apoyada sometida a una carga concentrada</i>	15
Figura 3 <i>Componentes del concreto</i>	16
Figura 4 <i>Procedimiento para el diseño de mezclas</i>	33
Figura 5 <i>Proceso de corrosión electroquímico</i>	35
Figura 6 <i>Características fierro corrugado según A706-GRADO 60/NTP 339.186-GRADO 40</i>	40
Figura 7 <i>Características fierro corrugado según A706-GRADO 60/NTP</i>	41
Figura 8 <i>Medición del potencial de corrosión</i>	43
Figura 9 <i>Circuito de media celda de cobre-sulfato de cobre</i>	45
Figura 10 <i>Ficha de recolección de datos – parte 1</i>	61
Figura 11 <i>Ficha de recolección de datos – parte 2</i>	62
Figura 12 <i>Ficha de recolección de datos – parte 3</i>	63
Figura 13 <i>Ficha de recolección de datos iniciales de muestras recolectadas en obra</i> ..	64
Figura 14 <i>Ficha de cálculo de porcentaje de corrosión según el peso perdido</i>	65
Figura 15 <i>Ficha para ensayo de granulometría de agregado grueso</i>	66
Figura 16 <i>Ficha para ensayo de granulometría de agregado fino</i>	67
Figura 17 <i>Ficha para ensayo de peso unitario de agregado grueso</i>	68
Figura 18 <i>Ficha para ensayo de peso unitario de agregado fino</i>	69
Figura 19 <i>Ficha para ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso</i>	70
Figura 20 <i>Ficha para ensayo de peso específico y absorción de agregado fino</i>	71
Figura 21 <i>Ficha para ensayo de contenido de humedad de agregados</i>	72
Figura 22 <i>Ficha para ensayo de compresión de briquetas de concreto</i>	73
Figura 23 <i>Ficha para datos de dados de concreto para ensayo de adherencia</i>	74

Figura 24 <i>Ficha para ensayo de adherencia</i>	75
Figura 25 <i>Ficha para datos de vigas de concreto para ensayo de flexión en 4 puntos</i> .	76
Figura 26 <i>Ficha para ensayo de flexión en 4 puntos</i>	77
Figura 27 <i>Almacenamiento a la intemperie de aceros – vivienda 1</i>	79
Figura 28 <i>Almacenamiento a la intemperie de armaduras de acero - vivienda 2</i>	79
Figura 29 <i>Almacenamiento a la intemperie de armaduras de acero – vivienda 3</i>	80
Figura 30 <i>Aceros utilizados en estructuras de concreto armado – vivienda 4</i>	80
Figura 31 <i>Aceros utilizados en estructuras de concreto armado – vivienda 4</i>	81
Figura 32 <i>Muestras de aceros recolectados (con presencia de corrosión)</i>	82
Figura 33 <i>Muestras de aceros recolectados después de limpieza</i>	82
Figura 34 <i>Varilla de 3/8" pesado antes y después de limpieza</i>	83
Figura 35 <i>Varilla de 1/2" pesado antes y después de limpieza</i>	83
Figura 36 <i>Muestras de acero corrugado de 3/8" con presencia de corrosión</i>	89
Figura 37 <i>Peso de las muestras después de quitarles el óxido</i>	89
Figura 38 <i>Histograma - Peso Inicial para acero 1/2" - distribución normal</i>	100
Figura 39 <i>Histograma - Peso Después de limpiado y secado para acero 1/2" - distribución normal</i>	100
Figura 40 <i>Valor p - para datos de acero 1/2</i>	102
Figura 41 <i>Histograma - Peso Inicial para acero 3/8" - distribución normal</i>	105
Figura 42 <i>Histograma – Peso Después de limpieza y secado para acero 3/8" - distribución normal</i>	105
Figura 43 <i>Valor p - para aceros de diámetro 3/8"</i>	107
Figura 44 <i>Granulometría del agregado grueso</i>	110
Figura 45 <i>Granulometría del agregado fino</i>	112
Figura 46 <i>Datos del molde - ensayo de peso unitario de agregado grueso</i>	113

Figura 47 <i>Datos del molde - ensayo de peso unitario de agregado fino</i>	115
Figura 48 <i>Datos de la canastilla y recipientes - Ensayo de absorción agregado grueso</i>	117
Figura 49 <i>Datos del matraz y recipientes - Ensayo de absorción agregado fino</i>	119
Figura 50 <i>Resumen de ensayos de agregado grueso</i>	123
Figura 51 <i>Resumen de ensayos de agregado fino</i>	124
Figura 52 <i>Elaboración de briquetas para diseño del concreto</i>	135
Figura 53 <i>Materiales para el refrentado de cilindros de concreto</i>	136
Figura 54 <i>Mezcla de yeso de alta resistencia</i>	137
Figura 55 <i>Aplicación del yeso de alta resistencia</i>	137
Figura 56 <i>Colocado de plancha de vidrio para superficie lisa</i>	138
Figura 57 <i>Cilindro de concreto luego del ensayo a compresión a los 7 días</i>	138
Figura 58 <i>Prueba de resistencia del cilindro de concreto 2</i>	139
Figura 59 <i>Prueba de resistencia del cilindro de concreto 1</i>	139
Figura 60 <i>Prueba de resistencia del cilindro de concreto 3</i>	140
Figura 61 <i>Agua potable y agua de lluvia</i>	144
Figura 62 <i>Sensor de PH, ph-ORP-COND-ISE-DO</i>	144
Figura 63 <i>Equipo para la medición de ph del agua</i>	145
Figura 64 <i>Primera toma de ph de agua potable</i>	145
Figura 65 <i>Segunda toma de ph de agua potable</i>	146
Figura 66 <i>Tercera toma de ph de agua potable</i>	146
Figura 67 <i>Primera toma de ph de agua de lluvia</i>	147
Figura 68 <i>Segunda toma de ph de agua de lluvia</i>	147
Figura 69 <i>Tercera toma de ph de agua de lluvia</i>	148
Figura 70 <i>Peso de los aceros antes de someterlos a corrosión</i>	149

Figura 71 <i>Peso de los aceros a 1 día de someterse a la corrosión</i>	150
Figura 72 <i>Proceso de corrosión a los 14 días de los aceros corrugados</i>	151
Figura 73 <i>Peso de los aceros de 10cm corroídos a los 14 días</i>	152
Figura 74 <i>Peso de los aceros corroídos a los 21 días</i>	153
Figura 75 <i>Peso del acero corroído a los 28 días</i>	154
Figura 76 <i>Oxidación de los aceros</i>	155
Figura 77 <i>Peso del acero corroído a los 35 días</i>	155
Figura 78 <i>Peso del acero corroído a los 42 días</i>	156
Figura 79 <i>Diagrama de deformación unitaria</i>	159
Figura 80 <i>Diseño de viga para ensayo de flexión en 4 puntos</i>	164
Figura 81 <i>Elaboración de vigas de concreto</i>	165
Figura 82 <i>Diseño de las vigas de concreto</i>	165
Figura 83 <i>Medidas para el diseño de dados de concreto</i>	166
Figura 84 <i>Elaboración de dados de concreto</i>	166
Figura 85 <i>Diseño de mecanismo de ensayo de adherencia</i>	167
Figura 86 <i>Mecanismo para el ensayo de adherencia</i>	167
Figura 87 <i>Curva granulométrica del agregado fino</i>	169
Figura 88 <i>Curva granulométrica del agregado grueso</i>	172
Figura 89 <i>Ensayo de compresión realizado en el laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil</i>	173
Figura 90 <i>Cantidad de briquetas sometidas a compresión</i>	173
Figura 91 <i>Ensayo de adherencia por compresión</i>	180
Figura 92 <i>Dado D3 – OM (Dado típico con corrosión máxima)</i>	181
Figura 93 <i>Dado D1 – SO (Dado típico sin corrosión)</i>	182
Figura 94 <i>Dado D2 – OP (Dado típico con corrosión promedio)</i>	183

Figura 95 <i>Marcado de la viga en los tercios centrales</i>	192
Figura 96 <i>Ensayo de flexión en 4 puntos</i>	193
Figura 97 <i>Viga V2 – OM (viga típica con corrosión máxima) luego del ensayo</i>	193
Figura 98 <i>Viga V1 – OP (viga típica con corrosión promedio) luego del ensayo</i>	194
Figura 99 <i>Viga V4 – SO (viga típica sin corrosión) luego del ensayo</i>	194
Figura 100 <i>Diagrama de deformación unitaria</i>	202
Figura 101 <i>Diagrama de deformación unitaria</i>	204
Figura 102 <i>Diagrama de deformación unitaria</i>	206
Figura 103 <i>Gráfico comparativo de momento último teórico</i>	207
Figura 104 <i>Resultados de resistencia a compresión - Grupo M-1</i>	211
Figura 105 <i>Resultados de resistencia a compresión - Grupo M-2</i>	211
Figura 106 <i>Resultados de resistencia a compresión - Grupo M-3</i>	212
Figura 107 <i>Resultados de resistencia a compresión - Grupo M-4</i>	212
Figura 108 <i>Resultados de resistencia a compresión - Grupo M-5</i>	213
Figura 109 <i>Resultados de resistencia a compresión - Grupo M-6</i>	213
Figura 110 <i>Resistencias a compresión promedio</i>	214
Figura 111 <i>Plano de diseño de viga</i>	215
Figura 112 <i>Fuerza de Unión Normalizada - Grupo D – SO (sin presencia de corrosión)</i>	217
Figura 113 <i>Fuerza de Unión Normalizada - Grupo D – OP (con corrosión promedio)</i>	217
Figura 114 <i>Fuerza de Unión Normalizada - Grupo D – OM (con máxima corrosión)</i>	218
Figura 115 <i>Gráfica comparativa de la Fuerza de Unión Normalizada</i>	218
Figura 116 <i>Momento Último - Vigas SO (sin presencia de corrosión)</i>	220
Figura 117 <i>Momento Último - Vigas OP (con corrosión promedio)</i>	220

Figura 118 <i>Momento Último - Vigas OM (con máxima corrosión)</i>	221
Figura 119 <i>Gráfico comparativo de Momento Último</i>	221
Figura 120 <i>Gráfico comparativo de momento ultimo teórico y experimental</i>	222

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Requisitos granulométricos para el agregado grueso</i>	20
Tabla 2 <i>Limites granulométricos del agregado fino</i>	21
Tabla 3 <i>f_{cr} aplicable cuando no se dispone de la desviación estándar</i>	27
Tabla 4 <i>Selección de asentamiento</i>	27
Tabla 5 <i>Estimación de contenido de agua y aire</i>	28
Tabla 6 <i>Relación entre a/c y resistencia a la compresión</i>	29
Tabla 7 <i>Volumen del agregado grueso compactado por unidad de volumen de concreto</i>	30
Tabla 8 <i>Valores críticos de la distribución t</i>	48
Tabla 9 <i>Prueba de Dixon según el número de datos</i>	49
Tabla 11 <i>Matriz de consistencia</i>	52
Tabla 12 <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	53
Tabla 13 <i>Tamaño muestral</i>	58
Tabla 14 <i>Tabla de datos iniciales de muestras recolectadas en obra. Acero diámetro</i> <i>1/2"</i>	84
Tabla 15 <i>Tabla de datos iniciales de muestras recolectadas en obra. Acero diámetro</i> <i>1/2"</i>	85
Tabla 16 <i>Tabla de datos iniciales de muestras recolectadas en obra. Acero diámetro</i> <i>3/8"</i>	86
Tabla 17 <i>Tabla de datos iniciales de muestras recolectadas en obra. Acero diámetro</i> <i>3/8"</i>	87
Tabla 18 <i>Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 1/2"</i>	90

Tabla 19 <i>Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 1/2"</i>	91
Tabla 20 <i>Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 3/8"</i>	92
Tabla 21 <i>Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 3/8"</i>	93
Tabla 22 <i>Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 1/2"</i>	94
Tabla 23 <i>Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 1/2"</i>	95
Tabla 24 <i>Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 3/8"</i>	96
Tabla 25 <i>Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 3/8"</i>	97
Tabla 26 <i>Tabla de peso de muestras al inicio y final, acero diámetro de 1/2"</i>	98
Tabla 27 <i>Tabla de peso de muestras al inicio y final, acero diámetro de 1/2"</i>	101
Tabla 28 <i>Tabla de peso de muestras al inicio y final, acero diámetro de 3/8"</i>	103
Tabla 29 <i>Tabla de peso de muestras al inicio y final, acero diámetro de 3/8"</i>	106
Tabla 30 <i>Peso de Molde más agregado suelto – Peso Unitario de agregado grueso</i> .	113
Tabla 31 <i>Peso de Molde más agregado compactado – Peso Unitario de agregado grueso</i>	114
Tabla 32 <i>Peso de Molde más agregado suelto – Peso Unitario de agregado fino</i>	115
Tabla 33 <i>Peso de Molde más agregado compactado – Peso Unitario de agregado fino</i>	116
Tabla 34 <i>Pesos de las muestras en diferentes condiciones - ensayo de absorción</i> <i>agregado grueso</i>	118
Tabla 35 <i>Pesos de las muestras en diferentes condiciones - ensayo de absorción</i> <i>agregado fino</i>	120
Tabla 36 <i>Datos de ensayo de contenido de humedad del agregado</i>	121

Tabla 37 <i>Porcentaje de humedad</i>	122
Tabla 38 <i>Porcentaje de humedad promedio</i>	122
Tabla 39 <i>f_{cr} cuando no se tiene la desviación estándar</i>	125
Tabla 40 <i>Cantidades aproximadas de agua de amasado ara diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire</i>	126
Tabla 41 <i>Relación Agua / Cemento</i>	127
Tabla 42 <i>Volumen de agregado grueso según módulo de fineza del agregado fino</i>	128
Tabla 43 <i>Cantidades aproximadas de agua de amasado ara diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire</i>	130
Tabla 44 <i>Volúmenes totales por m³ sin considerar agregado fino</i>	131
Tabla 45 <i>Pesos de los elementos</i>	131
Tabla 46 <i>Diseño final para 1m³</i>	132
Tabla 47 <i>Datos ensayo a compresión a los 7 y 28 días</i>	141
Tabla 48 <i>Valores críticos del Teorema de Dixon</i>	142
Tabla 49 <i>Análisis estadístico por el Teorema de Dixon</i>	143
Tabla 50 <i>PH del agua potable y agua de lluvia</i>	148
Tabla 51 <i>Peso día 14 de muestras</i>	151
Tabla 52 <i>Peso día 21 de muestras</i>	152
Tabla 53 <i>Peso día 28 de muestras</i>	153
Tabla 54 <i>Peso día 35 de muestras</i>	154
Tabla 55 <i>Peso día 42 y porcentaje de corrosión</i>	156
Tabla 56 <i>Tabla resumen de la variación de oxidación en los aceros</i>	157

Tabla 57 <i>Características de la viga</i>	158
Tabla 58 <i>Limites granulométricos para el agregado fino</i>	168
Tabla 59 <i>Granulometría del agregado fino</i>	169
Tabla 60 <i>Limites de la gradación usada para el agregado grueso</i>	171
Tabla 61 <i>Granulometría del agregado grueso</i>	172
Tabla 62 <i>Resistencia a la compresión en briquetas de concreto</i>	174
Tabla 63 <i>Valores críticos del Teorema de Dixon</i>	175
Tabla 64 <i>Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo M-1</i>	176
Tabla 65 <i>Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo M-2</i>	176
Tabla 66 <i>Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo M-3</i>	177
Tabla 67 <i>Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo M-4</i>	178
Tabla 68 <i>Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo M-5</i>	178
Tabla 69 <i>Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo M-6</i>	179
Tabla 70 <i>Dimensiones de dados de concreto</i>	184
Tabla 71 <i>Datos obtenidos del ensayo de adherencia</i>	185
Tabla 72 <i>Resultados del ensayo de adherencia</i>	187
Tabla 73 <i>Valores críticos del Teorema de Dixon</i>	188
Tabla 74 <i>Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo D - SO</i>	189
Tabla 75 <i>Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo D - OP</i>	190
Tabla 76 <i>Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo D - OM</i>	191
Tabla 77 <i>Resultados del ensayo a la flexión de vigas</i>	195
Tabla 78 <i>Momento último</i>	197

Tabla 79 <i>Valores críticos del Teorema de Dixon</i>	198
Tabla 80 <i>Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo V – SO</i>	199
Tabla 81 <i>Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo V - OP</i>	199
Tabla 82 <i>Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo V - OM</i>	200
Tabla 83 <i>Resumen comparativo de Momento flector teórico</i>	207
Tabla 84 <i>Corrosión de acero corrugado de 3/8”</i>	208
Tabla 85 <i>Resultados de los agregados</i>	209
Tabla 86 <i>Resultados de la dosificación por 1 m³</i>	209
Tabla 87 <i>Resultados de las resistencias a compresión</i>	210
Tabla 88 <i>Resumen de las resistencias a compresión promedio por cada grupo</i>	214
Tabla 89 <i>Resumen de diseño de viga</i>	215
Tabla 90 <i>Resultados de la Fuerza de Unión Normalizada</i>	216
Tabla 91 <i>Resumen comparativo de la Fuerza de Unión Normalizada</i>	218
Tabla 92 <i>Resultados del Momento Último</i>	219
Tabla 93 <i>Resumen comparativo de Momento Último</i>	221
Tabla 94 <i>Resumen comparativo de Momento último teórico y experimental</i>	222
Tabla 95 <i>Resumen de discusión por antecedentes</i>	227

PRESENTACION

La presente investigación presenta el análisis del efecto de la corrosión de las barras de acero estructurales y su relación con la resistencia a la flexión en elementos estructurales en viviendas autoconstruidas en la ciudad de Sicuani en el año 2025, el contenido de esta tesis es desarrollado de la siguiente forma:

El primer capítulo detalla el problema de estudio y sus vertientes específicas. Asimismo, se establecen los objetivos de la investigación y los lineamientos generales que la sustentan.

El segundo capítulo muestra el marco teórico conceptual sobre la corrosión de las barras y la flexión en elementos estructurales (vigas), para poder calcular el efecto de la corrosión sobre la resistencia a la flexión.

En el tercer capítulo se presenta la hipótesis de la investigación y sus variables.

En el cuarto capítulo se muestra la metodología de la investigación con su correspondiente enfoque, alcance, tipo, diseño y método del estudio, así como las técnicas de recolección de datos y el procesamiento de los mismos.

En el quinto capítulo se desarrolla la investigación, donde se recopila los datos a partir de los ensayos realizados en laboratorio.

En el capítulo seis se realiza el análisis de los resultados para los ensayos para la dosificación del concreto, la adherencia del acero al concreto y resistencia a la flexión de las vigas.

En el séptimo capítulo se analizan los hallazgos correspondientes a cada indicador con el fin de determinar las causas subyacentes a dichos valores.

El estudio concluye con la exposición de las conclusiones y sugerencias, además de los anexos y el listado de fuentes bibliográficas consultadas durante el proceso.

1 INTRODUCCIÓN

La durabilidad y seguridad de las viviendas son pilares fundamentales para el desarrollo urbano y el bienestar social. En contextos de rápido crecimiento poblacional, como la ciudad de Sicuani-Cusco, las viviendas autoconstruidas representan una parte significativa del parque habitacional. Aunque la autoconstrucción es una solución práctica para satisfacer la demanda de vivienda, a menudo carece de la supervisión técnica rigurosa y del empleo de materiales y métodos que garanticen la vida útil esperada de la estructura. Esto expone a estas edificaciones a vulnerabilidades que comprometen su integridad, especialmente en lo referente al deterioro de sus componentes esenciales.

Uno de los fenómenos de deterioro más graves y extendidos que afectan a las estructuras de concreto armado es la corrosión de las barras de acero estructurales. Este proceso electroquímico implica la formación de óxido, el cual posee un volumen significativamente mayor que el acero original. La expansión volumétrica del óxido genera tensiones internas que provocan el agrietamiento y desprendimiento del recubrimiento de concreto, exponiendo aún más la armadura a agentes agresivos del ambiente y acelerando el daño.

La corrosión no solo se manifiesta como un problema estético o superficial; su impacto es profundamente estructural. A medida que el acero se corroe, su sección transversal efectiva disminuye, lo que se traduce directamente en una pérdida de la capacidad portante del elemento. En particular, en elementos sometidos a flexión, como vigas y losas, la reducción de la sección del acero de refuerzo de tracción es crítica, ya que es el principal componente que resiste dichas fuerzas. Consecuentemente, la resistencia a la flexión del elemento estructural se ve drásticamente comprometida, lo que

reduce la seguridad global de la vivienda y aumenta el riesgo de colapso, especialmente ante eventos sísmicos, que son comunes en la región.

2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 *Conveniencia*

La problemática de la corrosión en estructuras de concreto armado es un fenómeno común en muchas regiones, y Sicuani no es la excepción. Las viviendas autoconstruidas suelen presentar mayores riesgos, puesto que la calidad de materiales no es adecuada, ya que el almacenamiento de estas no es el adecuado, en especial los aceros pues estos son almacenados en espacios y sin ningún tipo de cobertura para las lluvias, lo que las hace más susceptibles a este tipo de deterioro.

La corrosión de los aceros puede comprometer la seguridad estructural de las viviendas, afectando de manera negativa a la resistencia a la flexión y a la adherencia con el concreto, poniendo en riesgo la vida de sus habitantes. Además, las reparaciones y mantenimiento de estructuras dañadas por corrosión generan costos significativos para los propietarios y la comunidad.

2.1.2 *Relevancia social*

Los resultados de la investigación pueden servir para identificar las viviendas más vulnerables y priorizar las acciones de mantenimiento y reparación. Al garantizar la seguridad estructural de las viviendas, se mejora la calidad de vida y seguridad de los habitantes de la ciudad de Sicuani.

La investigación fomenta a la población a ser más responsables y a la construcción de viviendas más duraderas y resistentes, contribuyendo al desarrollo sostenible de la ciudad.

2.1.3 *Implicancias practicas*

La información recopilada puede ser utilizada como fundamento para la elaboración de políticas públicas que promuevan a construcción de viviendas de mejor calidad y la implementación de programas de inspección y mantenimiento. Se pueden desarrollar normas técnicas específicas para la construcción de viviendas en zonas con características similares a Sicuani.

La investigación permitirá diseñar programas de capacitación para constructores y profesionales de la construcción, con la finalidad de mejorar sus conocimientos sobre la corrosión y su efecto en la resistencia a la flexión y la adherencia en estructuras de concreto armado, así como del almacenamiento adecuado y responsable de materiales.

2.1.4 *Valor teórico*

Aportar nuevos conocimientos sobre la corrosión del acero y su impacto en la resistencia a flexión en estructuras de concreto armado, así como la adherencia con el concreto en dentro del contexto específico de las viviendas autoconstruidas en Sicuani. Permite validar o refutar modelos teóricos existentes sobre la corrosión y la adherencia en estructuras de concreto armado. Los resultados obtenidos de la investigación pueden servir de base para desarrollo de nuevos modelos que permitan predecir la durabilidad de las estructuras y su comportamiento ante sismos.

2.1.5 *Utilidad metodológica*

Se puede desarrollar nuevas técnicas para evaluar la corrosión y su efecto en la resistencia a la flexión y la adherencia en estructuras de concreto armado.

Permite validar la eficacia de los métodos de evaluación existentes. Los resultados de la investigación pueden servir para establecer protocolos de inspección para viviendas autoconstruidas.

3 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Identificación del problema

En la ciudad de Sicuani, debido a la despreocupación y desinterés de las personas, no se toma en cuenta, las normas técnicas de construcción, por lo que muchas de las estructuras de las viviendas autoconstruidas de concreto armado están construidas con aceros corroídos.

La corrosión del acero continuara deteriorando la resistencia estructural del concreto armado, puesto que ocasiona que se reduzca la adherencia entre el concreto y acero, lo cual incrementara la vulnerabilidad de las edificaciones. Este proceso de deterioro no solo afecta la integridad física de los edificios, sino que también representa un riesgo para la seguridad para todos los habitantes y aquellos que transitan cerca de las estructuras.

Con el tiempo, el daño estructural se agravará si no se interviene. Las reparaciones serán cada vez más costosas y complejas, ya que el concreto afectado por la corrosión tendrá que ser sustituido o reforzado, lo que implica una mayor inversión en materiales y trabajo especializado.

Para solucionar el problema, es importante conocer cuanto afecta a la adherencia la corrosión de acero, pues la adherencia entre acero y concreto hace que la distribución de los esfuerzos en una estructura de concreto armado sea optima, así ambos materiales pueden trabajar juntos, una mala adherencia haría que las estructuras no se comporten de manera adecuada, ya que estos se deslizarían entre ellos, afectando de manera negativa en la rigidez, además de ocasionar fisuras en la estructura.

3.2 Formulación de problemas

3.2.1 *Problema general*

- ¿Cómo es la corrosión de las barras de acero estructurales y la relación con la resistencia a la flexión de elementos estructurales en viviendas autoconstruidas?

3.2.2 *Problemas específicos*

- ¿Cuál es el grado de corrosión en las barras de acero utilizadas en elementos estructurales en viviendas autoconstruidas?
- ¿Cuál es la resistencia a flexión de elementos estructurales contruidos con barras de acero estructural corroídos en viviendas autoconstruidas?
- ¿Cómo afecta la corrosión de las barras de acero estructural en la adherencia con el concreto?

4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1 *Objetivo general*

Determinar el grado de corrosión de las barras estructurales y su relación con la resistencia a la flexión de elementos estructurales en viviendas autoconstruidas.

4.1.2 *Objetivos específicos*

- Identificar el grado de corrosión más frecuente en barras de acero utilizadas en elementos estructurales en viviendas autoconstruidas.
- Analizar la resistencia a flexión de elementos estructurales contruidos con barras de acero estructurales corroídos.
- Examinar la adherencia de las barras de acero estructurales con presencia de corrosión y el concreto.

4.2 Delimitación espacial y temporal

El ámbito geográfico de la investigación es la ciudad de Sicuani, la cual se encuentra a una altitud de 3,500 m.s.n.m. perteneciente a la provincia de Canchis, departamento de Cusco, durante el año 2025.

4.3 Limitaciones

4.3.1 *Limitaciones teóricas*

La investigación se sustenta en teorías y antecedentes relacionados con la corrosión del acero de refuerzo y el comportamiento estructural de elementos de concreto armado; sin embargo, existe una limitada disponibilidad de estudios específicos desarrollados en viviendas autoconstruidas de zonas altoandinas del Perú, particularmente

en la ciudad de Sicuani. Esta situación restringe la posibilidad de establecer comparaciones directas con investigaciones realizadas en contextos similares.

4.3.2 Limitaciones técnicas

El estudio se limita a la utilización de materiales propios de la zona de la zona de estudio, siendo estas: Agregado fino proveniente de Marangani, agregado grueso proveniente de Ayaviri, aceros con presencia de corrosión y cemento Yura tipo HS. El estudio se limita a la elaboración de especímenes en las mismas condiciones climáticas (elaboradas en el mismo lugar de estudio). Asimismo, el estudio se limita exclusivamente al efecto que tiene la corrosión sobre las estructuras de concreto, por lo tanto, se usa un mismo diseño de mezcla para todos especímenes, para evitar que la resistencia de concreto sea un factor que interfiera en el objetivo del estudio. Finalmente, el estudio se realiza en ensayos de flexión en 4 puntos de apoyo en vigas de concreto armado, y ensayos de adherencia en cubos de concreto con aceros embebidos.

5 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

5.1 Antecedentes de la investigación

5.1.1 *Antecedentes internacionales*

a) Wu et al.(2025) en su artículo titulado “Comportamiento de la unión por fatiga entre la barra de refuerzo corroída y el hormigón”, busca analizar las características de la corrosión y las grietas de hormigón inducidas por ella, así como conocer el modo y el proceso de falla de la viga de concreto armado, fabricada con refuerzos de acero corroídos sometida a una carga de fatiga, la variación de la tensión de adherencia y el deslizamiento y la variación de la vida útil por fatiga de la adherencia y el modelo de predicción de vida. En este estudio, se eligieron muestras tipo viga para estudiar el comportamiento de la adherencia por fatiga entre las barras de refuerzo corroídas y el hormigón de acuerdo con la literatura. Inicialmente, se aceleraron once vigas de hormigón armado para que se corroyeran mediante electricidad, durante lo cual se monitorearon las grietas inducidas por la corrosión en la superficie del hormigón y, finalmente, se realizó una carga de fatiga por flexión de tres puntos con una amplitud constante de 5 a 40 kN hasta la falla de la adherencia. Se concluyó que la carga de fatiga presento efectos negativos en la resistencia de la unión de las muestras corroídas, y la corrosión exhibió efectos obvios en la resistencia de la unión después de la generación de las grietas inducidas por la corrosión.

b) Kennedy & Paulinus (2018) en su artículo “Effect of Corrosion on Bond between Steel and Concrete of Corroded and Inhibitive Reinforcement Embedded In Reinforced Concrete Structures in Accelerated Corrosive

Medium”, busca determinar la efectividad de los inhibidores de corrosión aplicados en la superficie disponibles localmente en ambientes corrosivos severos y con contaminación por cloruro. Para lo cual se aplicaron resinas de extracto de árboles (inhibidores inorgánicos) recubiertos sobre la superficie del acero de refuerzo, las muestras se diseñaron con conjuntos de cubos de hormigón armado con una sola barra nervada incrustada en el centro de las muestras del cubo de hormigón para la prueba de extracción. Teniendo como conclusión: Las tensiones de unión experimentadas en los refuerzos recubiertos con inhibidor son mayores en comparación con las muestras controladas. Y los valores no corroídos y recubiertos con resina/exudados fueron todos más altos que los de las muestras corroídas, lo que indicó buenos potenciales de unión.

- c) González (2019) en su investigación titulada “Ensayos experimentales de adherencia y corrosión acelerada para barras de acero de refuerzo recubiertas con aditivo anticorrosivo”, tuvo el objetivo analizar el impacto que tienen las pinturas anticorrosivas en la interacción entre las barras de refuerzo y el concreto en elementos estructurales, así como evaluar la protección que brindan estas pinturas una vez que las barras han sido incorporadas al armado. Para ello, se realizaron pruebas mecánicas de adherencia mediante ensayos Pull-out y ensayos de corrosión acelerada en ambientes electroquímicos controlados. De los resultados se concluyó que a medida que se utilizan barras con diámetros mayores, se incrementan las tensiones de adherencia.

5.1.2 Antecedentes nacionales

- a) Castillo & Lucar (2022) en su investigación “Resistencia y capacidad de adherencia con el concreto del acero de refuerzo sometido a agentes corrosivos”, se plantearon evaluar hasta qué punto la corrosión afecta la

resistencia y la adherencia del acero de refuerzo, considerando periodos de exposición de 1, 2 y 3 meses. Se confirma la reducción de la resistencia del acero como parte del elemento estructural, además no se incrementa la adherencia con el concreto.

- b) Moreno et al. (2022) en su investigación “Comportamiento a flexión de vigas de concreto reforzado con parámetros electroquímicos asociados con un nivel de corrosión alto” busca evaluar el cambio del comportamiento a la flexión de vigas de concreto reforzado. Siendo el tipo de investigación experimental. Concluyéndose que el patrón de fisuración observado al final del ensayo fue comparable tanto en las vigas de control como en las vigas con corrosión. Dicho comportamiento se distinguió por la aparición de grietas verticales asociadas a flexión en la zona central de las vigas, así como grietas inclinadas debidas a flexo-cortante en los extremos.

5.2 Bases teóricas

5.2.1 Resistencia a la flexión de elementos estructurales

5.2.1.1 Resistencia

La resistencia es la habilidad de un material para aguantar fuerzas y cambios en su forma (esfuerzos y deformaciones) cuando se le aplican fuerzas externas. La resistencia implica que los materiales deben poder soportar cargas sin romperse, manteniendo su integridad dentro de límites seguros (Duran & Velasquez, 2019).

5.2.1.2 Resistencia a la flexión

Se refiere a la mayor fuerza que un material soporta previo a la aparición de grietas o se genere una rotura. Esta fuerza se aplica de forma perpendicular a la longitud del material (Duran & Velasquez, 2019).

5.2.1.3 *Ensayo resistencia a la flexión*

Esta técnica de prueba se emplea para medir la capacidad de un material para resistir la flexión de especímenes preparados y curados de acuerdo con el Método de Ensayo C 42 o Práctica C 31 o C 192. Los resultados son calculados e informados como el Módulo de Ruptura según ASTM C78-94(2022).

El valor del esfuerzo que se obtenga puede cambiar según factores como:

- a) El tamaño de la muestra utilizada.
- b) La forma en que se preparó la muestra.
- c) El nivel de humedad presente en la muestra.
- d) El proceso de curado al que se sometió la muestra.
- e) Si la viga se fabricó directamente en su forma final o si se cortó para obtener el tamaño requerido.

Se aplica la carga a la muestra de manera continua, dentro los rangos establecidos 0.90 MPa/min y 1.2 MPa/min, hasta producir una ruptura

Si la falla ocurre dentro del tercio central de la luz de la viga, el módulo de ruptura se calculará con la siguiente expresión:

$$Mr = \frac{P \times L}{b \times h^2} \quad Ec. (1)$$

Donde:

Mr: Módulo de rotura (kg/cm²)

P: Carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo (kg)

L: Luz entre los apoyos (cm)

b: Ancho promedio de la viga en la sección de falla (cm)

h: Altura promedio de la viga en la sección de falla (cm)

Si la falla ocurre fuera del tercio central y a una distancia no mayor del 5% de la luz libre, el módulo de ruptura se calcula de la siguiente manera:

$$Mr = \frac{3 \times P \times a}{b \times h^2} \quad Ec. (2)$$

Donde

a: es la distancia promedio entre la línea de falla y el apoyo más cercano (cm)

5.2.1.4 *Concreto armado y su comportamiento estructural*

El concreto armado es un material de construcción compuesto por concreto y acero de refuerzo, los cuales trabajan juntos para soportar las fuerzas de compresión y tracción.

- a) Concreto: El concreto es el producto de mezclar cemento, grava, arena, aditivos y agua. Maleable en su forma líquida y de gran resistencia a la compresión en su estado sólido.
- b) Aceros de refuerzo: Son elementos estructurales de acero que se incorporan al concreto con el fin de incrementar su capacidad de soportar tracción y flexión. Estas barras de acero, con una configuración específica de nervaduras o corrugaciones, se integran dentro del concreto de manera estratégica para soportar las tensiones que este material no puede resistir por sí solo.

5.2.1.5 *Factores que afectan la rigidez en elementos estructurales*

La rigidez es la propiedad que tiene un elemento para oponerse a las deformaciones, es decir es la capacidad de soportar cargas sin deformarse o desplazarse excesivamente. La rigidez de las estructuras está en función del módulo de elasticidad del concreto, el momento de inercia y la longitud del elemento (Claros, 2025).

Claros (2025) indica que para incrementar la rigidez de una estructura se debe realizar lo siguiente:

- a. Aumentar la sección del elemento estructural
- b. Añadir materiales con mayor módulo de elasticidad
- c. Disminuir la longitud del elemento.

5.2.1.6 *Normativa aplicada*

a) Norma E.060 (Concreto Armado)

Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado, pre esforzado y simple. También cubre la evaluación de la resistencia de estructuras existentes.

La Norma indica protocolos estrictos para la calidad de materiales durante varias etapas, así como la cantidad de muestras que deben tomarse para ensayos de control de calidad, para así asegurar las propiedades mecánicas de los materiales durante su vida útil.

La Norma establece criterios para el diseño de estructuras, como son la aplicación de cargas, la reducción de resistencia (factores de seguridad), establece límites máximos para el control de deflexiones en las estructuras, incluye criterios para el diseño sismorresistente de edificaciones.

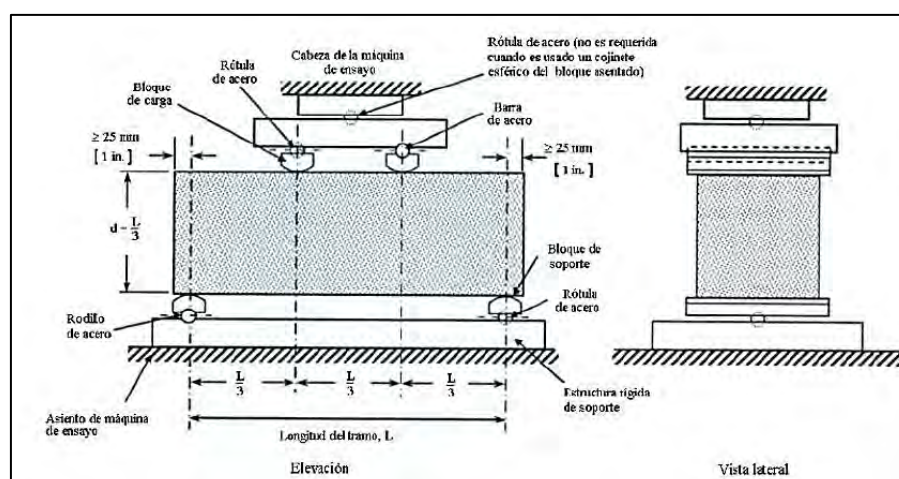
b) NTP 339.078: Ensayo de flexión en vigas

Esta NTP define el método para evaluar la capacidad de las vigas para soportar flexión que descansan sobre dos apoyos simples como se muestra en la Figura 6. El ensayo se realiza aplicando cargas en cada uno de los tres segmentos de la viga, ya sea

que esta haya sido fabricada directamente con concreto fresco o cortada de concreto ya endurecido. Este procedimiento se aplica a especímenes que han sido preparados y curados siguiendo las normas NTP 339.033 (2025) o NTP 339.183 (2025). Los resultados obtenidos se expresan como el módulo de rotura, que indica la capacidad de un material para resistir a la flexión del concreto. Es importante tener en cuenta que la resistencia medida puede variar si hay discrepancias en las dimensiones del espécimen, en la forma en que fue preparado, en las condiciones de humedad, o si la viga fue moldeada o cortada para obtener las dimensiones requeridas (Instituto Nacional de Calidad, 2025).

Figura 1

Ensayo a flexión en 4 puntos



Nota. La figura muestra el esquema de un ensayo a flexión en 4 puntos. Fuente: INACAL (2025)

5.2.1.7 Ensayo de resistencia a la flexión

Según Aquino (Aquino Cusquisibán, 2019) define la flexión como un tipo de esfuerzo que implica tanto tracción como compresión, pero a diferencia de estos, que actúan en dirección de las fuerzas aplicadas, la flexión altera su dirección. Este fenómeno es característico de las vigas, ya que, debido a su peso propio y cualquier carga

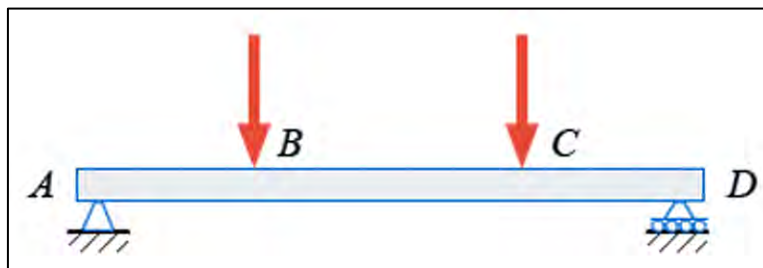
suplementaria, las fuerzas transversales que se generan provocan una deformación que hace que la viga se curve hacia abajo.

Secciones rectangulares sometidas a flexión

Harmsen (Harmsen, 2002) describe el caso de una viga de sección rectangular, simplemente apoyada y con refuerzo en la zona inferior; la cual está sometida a la acción de una carga concentrada la cual genera el diagrama de momento flector presentado en la Figura 8 y que además a lo largo de todo el elemento, la parte superior del material experimenta una fuerza de compresión y se somete a una fuerza de tracción.

Figura 2

Viga simplemente apoyada sometida a una carga concentrada



5.2.1.8 Ensayo de adherencia (Push-in) según ASTM A944

Se aplica la carga a la muestra de manera continua, dentro los rangos establecidos 0.10 MPa/min y 0.2 MPa/min, hasta producir una ruptura (American Society for Testing and Materials, 2015).

La fuerza de unión se calcula con la siguiente expresión:

$$\tau = \frac{P}{\pi \times \phi \times La} \quad Ec. (3)$$

Donde:

τ : Fuerza de Unión (MPa)

P. Carga Aplicada (N)

$\emptyset$: Diámetro del acero de refuerzo (mm)

L_a : Longitud de anclaje (mm)

La fuerza de unión normalizada se obtiene dividiendo la fuerza de unión experimental calculada por $\sqrt{f'c}$. Como se indica en la siguiente expresión

$$\tau_{nz} = \frac{\tau}{\sqrt{f'c}} \quad Ec. (4)$$

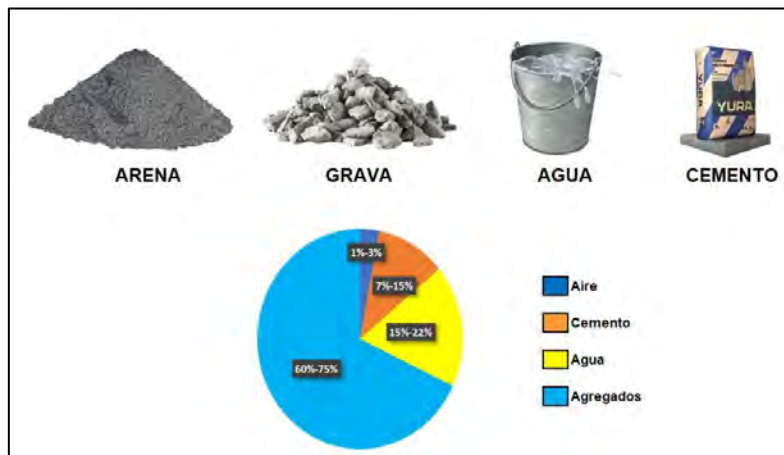
5.2.2 Diseño de mezcla de concreto según el método ACI

5.2.2.1 Componentes del concreto

El concreto está compuesto por cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y aire como elemento pasivo (Rivva, 2004).

Figura 3

Componentes del concreto



Nota. La figura muestra los componentes del concreto. Fuente: (Rivva, 2004)

5.2.2.1.1 Cemento

Es un conglomerante que resulta de la calcinación y pulverización de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera que se obtiene un polvo fino que al mezclarse con agua se endurece y adquiere propiedades resistentes y adherentes (Rivva, 2004).

5.2.2.1.1.1 Tipos de cemento

- Tipo I. Cemento de uso general y sin propiedades especiales
- Tipo II. Cemento de moderada resistencia a sulfatos y calor de hidratación
- Tipo III. Cemento de resistencia temprana y con elevado calor de hidratación, adecuado para uso en climas fríos.
- Tipo IV. Cemento de bajo calor de hidratación, ideal para concretos masivos
- Tipo V. Cemento de alta resistencia a los sulfatos
- Tipo IS. Cemento al que se añadió entre 25% y 70% de escoria de altos hornos
- Tipo ISM. Cemento al que se añadió menos del 25% de escoria de altos hornos
- Tipo IP. Cemento al que se le añadió entre 15% y 40% de puzolanas
- Tipo IPM. Cemento al que se le añadió menos del 15% de puzolanas
- Tipo HS. Cemento de alta resistencia a sulfatos

5.2.2.1.2 Agua

Es un elemento indispensable y cumple dos funciones importantes, hidrata el cemento y permite hacer una mezcla manejable, para ello debe cumplir ciertos requisitos para cumplir con su rol en la preparación del concreto (Rivva, 2004)

I. Agua de mezcla

Según Rivva (Rivva, 2004) el agua de mezcla tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo
- Actuar como lubricante para contribuir a trabajabilidad del conjunto
- Procurar la estructura de vacíos necesarios en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

II. Agua para curado

El agua para el curado permite mantener húmedo la superficie y permitir la reacción química del cemento para así evitar grietas y pérdida de resistencia.

5.2.2.1.3 Agregados

Los agregados son los elementos inertes del concreto, son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente y ocupan aproximadamente 3/4 del volumen total de la mezcla.

5.2.2.1.3.1 Clasificación de los agregados

Por su origen

- a) **Agregados naturales.** Son formados por procesos geológicos naturales, los cuales pueden ser aprovechados extrayéndolos y seleccionándolos según las especificaciones requeridas (Rivva, 2004).
- b) **Agregados artificiales.** Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, se dota de tratamientos adicionales para emplearse en la producción del concreto (Rivva, 2004).

Por su tamaño

- a) **Agregado grueso.** Es aquel que se retiene por el tamiz N° 4, está constituido por rocas de diversos tamaños.
- b) **Agregado fino.** Es aquel que pasa por el tamiz N° 4, está constituido por partículas pequeñas provenientes de desintegración natural o artificial.

5.2.2.1.3.2 Características de los agregados

En los agregados las características principales son la densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra a denominar granulometría o gradación. Asociadas a estas características se encuentran una serie de

ensayos o pruebas standard que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas (Rivva, 2004).

5.2.2.1.3.2.1 **Granulometría**

Se realiza la medición de los tamaños de manera indirecta, el cual es tamizando el material por medio de una serie de mallas de aberturas conocidas, y pesando el material retenido en % con respecto al peso total.

El agregado grueso debería estar graduado dentro de los límites establecidos en la norma como se muestra en la Tabla 1, según la NTP 400.037 (2014).

Tabla 1*Requisitos granulométricos para el agregado grueso*

Tamaño nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
	100mm (4")	90mm (3 ½")	75mm (3")	63mm (2 ½")	50mm (2")	37.5mm (1 ½")	25mm (1")	19mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (¾")	4.75mm (Nº4)	2.36mm (Nº8)	1.18mm (Nº16)
90mm a 37.5mm (3 ½" a 1 ½")	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63mm a 37.5mm (2 ½" a 1 ½")	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50mm a 25mm (2" a 1")	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50mm a 4.75mm (2" a Nº4)	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
37.5mm a 19mm (1 ½" a ¾")	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5mm a 4.75mm (1" a Nº4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--
25mm a 12.5mm (1" a ½")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25mm a 9.5mm (1" a ¾")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25mm a 4.75mm (1" a Nº4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
19mm a 9.5mm (¾" a ¾")	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
19mm a 4.75mm (¾" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--
12.5mm a 4.75mm (½" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--
9.5mm a 2.38mm (¾" a Nº8)	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Nota: Tabla tomada de la normativa NTP 400.037 (2014)

Tabla 2*Límites granulométricos del agregado fino*

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (Nº4)	95 a 100
2.36 mm (Nº8)	80 a 100
1.18 mm (Nº16)	50 a 85
600 µm (Nº30)	25 a 60
300 µm (Nº50)	5 a 30
150 µm (Nº100)	0 a 10

Nota: Tabla tomada de la normativa NTP 400.037 (2014)

5.2.2.1.3.2.2 Tamaño máximo

El tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el cual pasa toda la muestra de agregado grueso. El tamaño máximo indica el tamaño de la partícula más grande dentro de la masa de agregados.

5.2.2.1.3.2.3 Tamaño máximo nominal

El tamaño máximo nominal es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada donde se produce el primer retenido de material, según la normativa peruana el menor tamiz que produce un retenido de entre 5% y 10%.

5.2.2.1.3.2.4 Módulo de fineza

El módulo de fineza es un índice de mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado. Aquellos que presenta un módulo de fineza bajo indican un mayor contenido de partículas finas y viceversa. El módulo de fineza sirve como una medida del valor lubricante de un agregado, es decir un indicativo de cuánta agua

requerirá la mezcla. Se calcula sumando los porcentajes retenidos en la serie de mallas hasta el tamiz N° 100.

$$MF = \frac{\Sigma\% \text{ Retenidos acumualdo hasta el tamiz } N^{\circ} 100}{100} \quad Ec. (5)$$

5.2.2.1.3.2.5 **Peso unitario del agregado**

Se obtiene de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos, al incluir el espacio entre partículas, está influenciando por la manera en que estas se acomodan.

$$PU = \frac{PT - PM}{VM} \quad Ec. (6)$$

Donde:

PU: Peso unitario del agregado (kg/m³)

PT: Pero del recipiente más el peso del agregado (kg)

PM: Peso del recipiente o molde (kg)

VM: Volumen de medida del recipiente (m³)

5.2.2.1.3.2.6 **Peso específico del agregado grueso**

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre volumen de estas sin considerar los vacíos.

5.2.2.1.3.2.7 **Peso específico seco (gravedad específica) del agregado fino**

Según la norma ASTM C 128 (2022), este método cubre la determinación de la densidad media de una cantidad de partículas de agregado fino (no incluye el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa, (gravedad específica), y la absorción del agregado fino.

- a) **Peso específico de masa.** Es la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado. (gr/cm³)

$$Pem = \frac{A}{B - C} \quad Ec. (7)$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca en el aire (gr)

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr)

C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr)

- b) **Peso específico de masa saturada con superficie seca** (gr/cm³)

$$PeSSS = \frac{B}{B - C} \quad Ec. (8)$$

- c) **Peso específico aparente.** Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de la porción impermeable del agregado y la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas (gr/cm³)

$$Pea = \frac{A}{A - C} \times 100 \quad Ec. (9)$$

5.2.2.1.3.2.8 Absorción del agregado

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en esta, se expresa como un porcentaje del peso secado al horno del agregado.

$$Ab (\%) = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad Ec. (10)$$

Donde:

- A: Peso de la muestra seca (gr)
- B: Peso de la muestra saturada (gr)

5.2.2.1.3.2.9 **Humedad del agregado**

Es la cantidad retenida de agua superficial en un momento determinado del agregado, y se expresa como porcentaje del peso secado al horno del agregado.

Contribuye en el diseño de mezcla en la corrección de agua de mezcla.

$$H (\%) = \frac{W_i - W_f}{W_f} \times 100 \quad \text{Ec. (11)}$$

Donde:

- W_i : Peso inicial de la muestra (gr)
- W_f : Peso final de la muestra secada al horno (gr)

5.2.2.2 **Propiedades mecánicas del concreto**

5.2.2.2.1 **Propiedades del concreto fresco**

a) Trabajabilidad

Es la capacidad del concreto para ser mezclado, manejado y colocado en obra utilizando los medios de compactación disponibles, permitiendo su manipulación con facilidad (Torres, 2004).

b) Consistencia

La consistencia se refiere al grado de facilidad con el que el concreto fresco puede deformarse o ajustarse a una forma específica (Gamarra, 2004).

c) Homogeneidad y uniformidad.

Homogeneidad: es la cualidad que tiene el concreto la cual garantiza una distribución uniforme de sus componentes en toda la masa.

Uniformidad: se le denomina así cuando todos los componentes están bien amasados una proporción adecuada (Gamarra, 2004).

d) Compacidad

Es la relación entre el volumen real de los componentes del concreto y su volumen aparente, sin considerar el aire ocluido (Gamarra, 2004).

5.2.2.2.2 *Propiedades del concreto endurecido*

e) Características físico – químicas

- Impermeabilidad. El concreto es un material poroso y, por lo tanto, nunca será completamente impermeable. La permeabilidad se define como la capacidad de un material para permitir el paso de un fluido a través de sus poros.
- Durabilidad. Es la capacidad del concreto para resistir la acción de la intemperie, el ataque químico, la abrasión y otros procesos que puedan provocar su deterioro.
- Resistencia térmica. Se refiere a la capacidad del concreto para soportar cambios de temperatura sin sufrir daños significativos (Gamarra, 2004).

f) Características mecánicas

- Resistencia a compresión. Se refiere al esfuerzo máximo que el concreto puede soportar bajo una carga de aplastamiento.
- Resistencia a flexión. Se refiere al esfuerzo máximo que un elemento puede soportar a flexión antes de que se agriete (Gamarra, 2004).

5.2.2.3 *Conceptos generales del método ACI 211*

La selección de materiales es fundamental en el diseño de mezclas y sus proporciones para la elaboración del concreto en base a los requerimientos de resistencia, costos, peso, durabilidad y apariencia de acabados.

La norma ACI 211.1 (American Concrete Institute, 2014) del Instituto Americano del Concreto (ACI) ofrece dos enfoques para determinar y ajustar las proporciones de los componentes en mezclas de concreto de peso normal. El primer método se basa en estimar el peso del concreto por unidad de volumen, mientras que el segundo se centra en calcular el volumen absoluto que ocupan los materiales dentro de la mezcla. Ambos métodos consideran factores cruciales como la facilidad de manejo, la consistencia, la resistencia y la durabilidad del concreto resultante (Cordero et al., 2018).

5.2.2.3.1 *Requerimiento para el diseño*

Será útil la siguiente información de materiales disponibles:

- a) Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.
- b) Peso unitario del agregado grueso.
- c) Peso específico en masa, porcentaje de absorción y humedad de los agregados a utilizarse.
- d) Peso específico del cemento.
- e) Requerimientos de agua de mezclado, en base a experiencias con los agregados disponibles.

Para el caso de la resistencia a compresión requerida se deberá tomar en cuenta lo siguiente. Si no se conoce el valor de la desviación estándar, se utilizará la tabla, agrando un factor de seguridad, siguiendo la tabla.

Tabla 3

f_{cr} aplicable cuando no se dispone de la desviación estándar

f_{cr} especificado (kg/cm²)	f_c (kg/cm²)
Menos de 210	f _c + 70
210 a 350	f _c + 84
Mayor de 350	f _c + 98

Nota. Resistencia para diseño de mezcla, sin desviación estándar. Fuente: Tópicos de tecnología de concreto en el Perú

5.2.2.4 Procedimiento para el diseño de mezclas

- i. Paso 1. Selección de asentamiento

Tabla 4

Selección de asentamiento

Tipo de construcción	Asentamiento (mm)	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	75	25
Zapatas, cajones y muros de subestructura sin refuerzo	75	25
Muros y vigas reforzados	100	25
Columnas	100	25
Pavimentos y losas	75	25
Concreto en masa	50	25

Fuente: Adaptado de ACI (2002)

- ii. Paso 2. Selección del tamaño máximo del agregado

Los agregados bien graduados con tamaños máximos nominales grandes presentan menos vacíos que aquellos de tamaños menores, por lo que requieren menor proporción de mortero por unidad de volumen. Asimismo, la disminución de los tamaños máximos nominales optimiza la producción de concretos de alta resistencia, bajo una relación a/c predeterminada.

iii. Paso 3. Estimación de contenido de agua y aire en la mezcla

La cantidad de agua necesaria en una mezcla de concreto, para lograr una consistencia deseada, varía según las características de los agregados, como su tamaño máximo, forma y distribución granulométrica. La tabla proporciona estimaciones de la cantidad de agua requerida para tamaños variados máximos de agregados en mezclas sin aire incorporado.

Tabla 5

Estimación de contenido de agua y aire

Agua en l/m³ para el tamaño nominal máximo indicado								
Asentamiento	9.5	12.5	19	25	37.5	50	75	150
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Concreto sin entrada de aire								
25 a 50	208.1	199.2	187.3	178.4	163.5	154.6	130.8	113.0
75 a 100	228.9	217.0	202.2	193.2	178.4	169.5	145.7	124.9
150 a 175	243.8	229.0	214.1	202.2	187.3	178.4	160.5	-
Mas de 175	-	-	-	-	-	-	-	-
Cantidad aproximada de aire en mezcla (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Nota. Contenido de agua según tamaño nominal máximo indicado. Fuente: Adaptado de ACI (2002)

iv. Paso 4. Selección de la relación a/c

Se selecciona considerando tanto la resistencia como la durabilidad del concreto. La tabla presenta ejemplos de relaciones típicas para obtener resistencias específicas a los 28 días, usando cemento Portland Tipo I.

Tabla 6*Relación entre a/c y resistencia a la compresión*

Resistencia a la compresión a los 28 días (MPa)	Relación A/C (ACI)
42	0.41
35	0.48
28	0.57
21	0.68
14	0.82

Nota. Relación Agua/Cemento según resistencia a compresión. Fuente: Adaptado de ACI (2002)

Para obtener una estimación de los valores faltantes en la tabla, se puede recurrir a la ecuación:

$$\frac{\frac{f'_{cm\acute{a}x} - f'_{ci}}{a} - \frac{f'_{ci}}{c_i}}{\frac{c_{m\acute{a}x}}{c_{m\acute{a}x}} - \frac{c_i}{c_i}} = \frac{\frac{f'_{cm\acute{a}x} - f'_{m\acute{i}n}}{a} - \frac{f'_{m\acute{i}n}}{a}}{\frac{c_{m\acute{a}x}}{c_{m\acute{a}x}} - \frac{c_{m\acute{i}n}}{c_{m\acute{i}n}}} \quad Ec. (12)$$

Donde:

a/c_i =relación a hallar

$a/c_{m\acute{a}x}$ =relación extremo superior

$a/c_{m\acute{i}n}$ =relación extremo inferior

f'_{ci} =valor de resistencia a hallar (MPa)

$f'_{cm\acute{a}x}$ =valor de resistencia extremo superior (MPa)

$f'_{cm\acute{i}n}$ =valor de resistencia extremo inferior (MPa)

v. Paso 5. Cálculo del contenido de cemento

Para determinar la cantidad de cemento, se emplea una ecuación que divide el contenido de agua estimado por la relación agua/cemento:

$$C = \frac{a}{a/C} \quad \text{Ec. (13)}$$

Donde:

a: cantidad de agua por unidad de volumen estimada (Kg/m³)

C: cantidad de cemento por unidad de volumen (Kg/m³)

a/C: relación agua – cemento seleccionado

vi. Paso 6. Estimación del contenido de agregado grueso

El tamaño nominal máximo y la graduación parecidos en los agregados contribuyen a un concreto con buena manejabilidad, de igual forma, el tamaño máximo nominal y el módulo de finura de los agregados son factores determinantes; la tabla proporciona la cantidad de agregado grueso necesaria por cada unidad de volumen de concreto.

Tabla 7

Volumen del agregado grueso compactado por unidad de volumen de concreto

Tamaño nominal máximo del agregado (mm)	Volumen de agregado grueso compactado por unidad de volumen para concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.59
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. Volumen de agregado grueso, según el tamaño máximo nominal y módulo de finura del agregado fino. Fuente: Adaptado de ACI (2002)

vii. Paso 7. Estimación del contenido de agregado fino

Al restar el peso de los demás materiales del peso del concreto fresco, se estima la cantidad requerida de agregado fino, ya sea mediante el método de peso o el de volumen absoluto.

Método del volumen absoluto

Para determinar con mayor precisión la porción de agregado fino, se debe saber el volumen que ocupan los demás materiales en la mezcla y restarlo del volumen íntegro del concreto. Para hallar este volumen ocupado, se efectúa un cálculo a través de una ecuación específica:

$$V = \frac{W}{D} \quad \text{Ec. (14)}$$

Donde:

D: densidad del material (Kg/m³)

V: volumen ocupado por el material (m³)

W: cantidad de agregado grueso requerido para la mezcla por unidad de volumen (Kg)

La dosificación del volumen de aire dentro de la mezcla, en caso de ser requerido, se cuantifica mediante la aplicación de la formula correspondiente:

$$V_v = \%A \times U \quad \text{Ec. (15)}$$

Donde:

%A: porcentaje teórico de aire en la mezcla

U: unidad de volumen de la mezcla (m³)

Vv: volumen teórico de la mezcla (m³)

viii. Paso 8. Estimación del contenido de agregado fino

El agua exigida en la composición de la mezcla varía en función de la humedad natural del agregado, y se ajusta para compensar su absorción, calculándose este ajuste a través de la ecuación:

$$W_M = W_D - G \times (A_G - H_G) - F \times (A_F - H_F) \quad \text{Ec. (16)}$$

Donde:

A_F : % de absorción del agregado fino

A_G : % de absorción natural del agregado grueso

F : cantidad de agregado fino requerido para la mezcla por unidad de volumen (Kg)

G : cantidad de agregado grueso requerido para la mezcla por unidad de volumen (Kg)

H_F : % de humedad natural del agregado fino

H_G : % de humedad natural del agregado grueso

W_D : cantidad de agua estimada para un asentamiento dado (Kg)

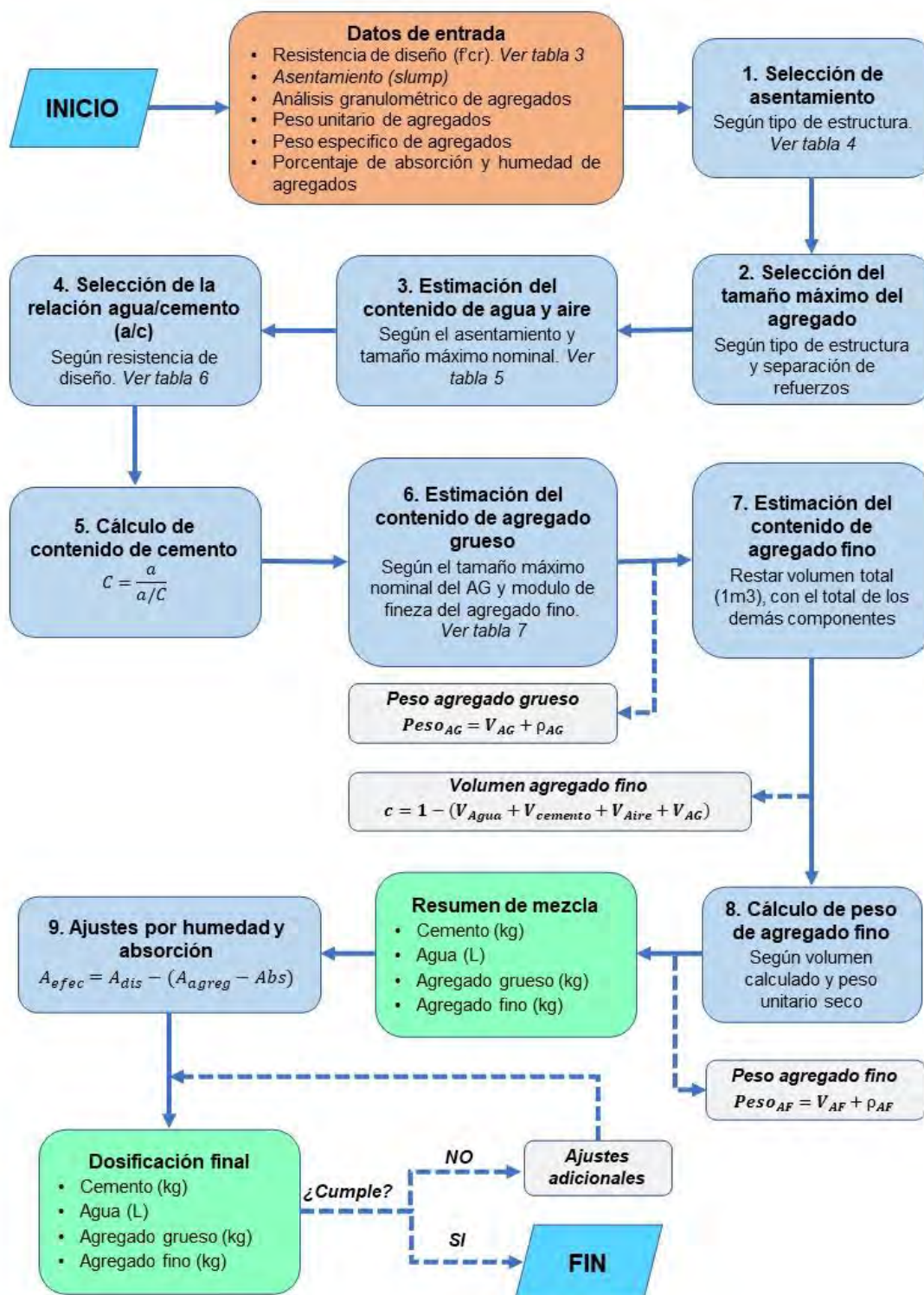
W_M : cantidad de agua requerida para la mezcla por unidad de volumen (Kg)

ix. Paso 9. Ajustes en la mezcla de prueba

La corrección de desviaciones en el asentamiento u otros parámetros previstos en la mezcla se realiza mediante el ajuste de la dosificación de agua, el contenido de aire y la relación agua/cemento (Cordero et al., 2018)

Figura 4

Procedimiento para el diseño de mezclas



5.2.2.5 NTP 339.084: Método para determinar la resistencia del concreto

Según INACAL (Instituto Nacional de Calidad, 2015), esta norma detalla el procedimiento para establecer la capacidad de resistencia a la compresión del concreto, tanto en muestras cilíndricas preparadas específicamente para pruebas, como en muestras obtenidas de estructuras existentes mediante extracciones diamantinas. Su aplicación se restringe a concretos que posean una densidad superior a 800 kg/m³.

El procedimiento implica someter cilindros moldeados o núcleos de perforación a una fuerza de compresión axial, incrementando dicha fuerza a una velocidad controlada hasta que el material falle. La fuerza que el concreto soporta antes de romperse se mide y se divide por el área de la superficie del cilindro de concreto. Esto da como resultado la resistencia a la compresión.

Estos resultados son cruciales para asegurar la calidad del concreto, verificando que las proporciones de la mezcla, el proceso de mezclado y la colocación del concreto sean los correctos.

5.2.3 Corrosión del acero de refuerzo en el concreto

5.2.3.1 Procesos electroquímicos de corrosión en el acero

La corrosión se define como el deterioro de los materiales por reacciones químicas. La corrosión electroquímica de los metales, es un proceso de oxidación como se nota a continuación: $M \rightarrow M^+ e^-$, este proceso se ve facilitado por la presencia de un aceptor de electrones denominado despolarizador (Lower, 2022).

Los procesos de corrosión involucran reacciones redox (reducción-oxidación), donde se nota tres elementos: (1) electrodos (un ánodo y un cátodo), (2) un electrolito, medio conductor, es decir una solución acuosa, y (3) una conexión eléctrica entre los electrodos (Salazar, 2015)

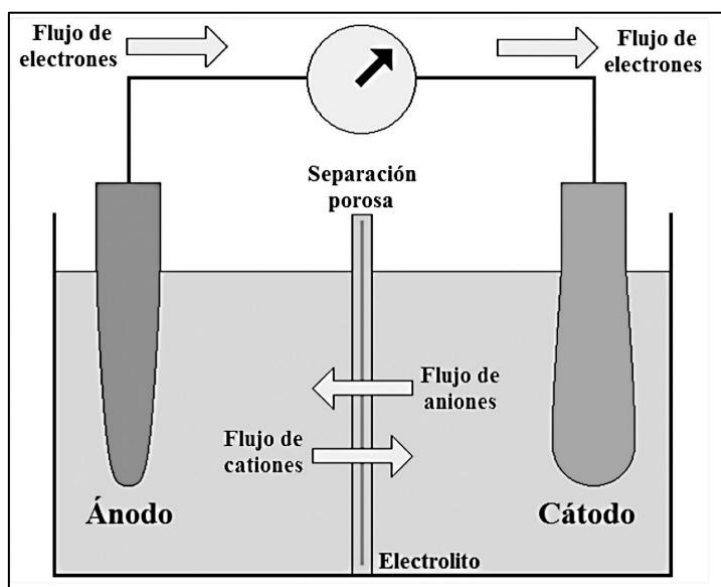
La Figura 2 muestra de forma representativa un esquema de estos elementos, formando así una celda electroquímica. Las ecuaciones de las reacciones que ocurren en los electrodos son las siguientes:

En el ánodo: $M_0 \rightarrow M_n + ne^-$ (Oxidación)

En el cátodo: $M_n + ne^- \rightarrow M_0$ (Reducción) (Salazar, 2015)

Figura 5

Proceso de corrosión electroquímica



Nota. La figura muestra el proceso de la corrosión electroquímica, por medio de una electrolisis. Fuente: (Salazar, 2015)

5.2.3.2 *Tipos y mecanismos de corrosión*

a. Corrosión generalizada o uniforme

Este tipo de corrosión se presenta sobre toda la superficie del material de manera uniforme, deteriorándolo así completamente. Este tipo de corrosión es aquella que provoca una mayor pérdida de material, y se puede predecir y controlar fácilmente (Salazar, 2015).

b. Corrosión localizada (picaduras)

Este tipo de corrosión se observa en zonas específicas del material, y significa un mayor riesgo potencial, puesto que es difícil detectarla con anticipación, debido a la naturaleza del material, su geometría y las condiciones del medio al que se somete. Este tipo de corrosión ocurren con mayor frecuencia, por picaduras, por fisura, por cavitación y microbiológica (Salazar, 2015).

c. Corrosión galvánica

La corrosión galvánica ocurre cuando existe una unión, física o eléctrica, entre metales de diferente naturaleza, lo cuales, en la presencia de un electrolito, forman una celda electroquímica, donde el material de menor potencial electroquímico es el que se corroe (Salazar, 2015).

d. Corrosión inducida por cloruros

Es la forma más agresiva y frecuente tipo de corrosión en el acero de refuerzo embebido en concreto, y es generada por efecto de los iones cloruros. Aunque existen otros iones capaces de des pasivar, como los sulfuros y sulfatos, pero estos son menos frecuentes y peligrosos en comparación a los cloruros (Molina, 2018).

e. Corrosión por cavitación

La corrosión por cavitación ocurre en sistemas de transporte de líquidos, hechos de materiales pasivados, donde por cambios de presión en el sistema, se producen flujos turbulentos que forman burbujas de aire, las cuales implosionan contra el material del sistema, deteriorando la capa de pasivación, facilitando el desarrollo del proceso de corrosión, de forma similar a la corrosión por picaduras, cuya diferencia se observa, en que el efecto de la cavitación es de mayor tamaño (Salazar, 2015).

f. Corrosión microbiológica

La corrosión microbiológica, en realidad no es un tipo de corrosión en sí, sino que más bien es un fenómeno que facilita el desarrollo de otros procesos de corrosión. Las bacterias son los microorganismos más influyentes en este caso, por lo que también es conocida como corrosión bacteriana y se produce en sistemas de transporte de líquido, facilitando la corrosión por picaduras (Salazar, 2015).

5.2.3.3 *Propiedades mecánicas del acero de refuerzo*

El acero corrugado se utiliza para reforzar al concreto, puesto que las varillas resisten a esfuerzos a tensión, mucho más que el concreto simple.

Las corrugaciones de la varilla de acero le permiten tener una buena adherencia con el concreto. Dichos bordes o salientes evitan tener movimientos horizontales entre la varilla y el concreto que lo rodea, además estos materiales pueden no tener corrugaciones y se le conoce como acero liso (Martinez, 2002).

5.2.3.3.1 *Propiedades mecánicas del acero de refuerzo*

- a. Resistencia. Es la capacidad del acero de resistir a esfuerzos sometidos a tensión antes de alcanzar su esfuerzo de fluencia.
- b. Rigidez. Es la capacidad de soportar grandes esfuerzos, teniendo deformaciones mínimas, la rigidez puede medirse y considerarse como el módulo de elasticidad del acero.
- c. Ductilidad. Es dúctil si el acero soporta grandes deformaciones inelásticas o plásticas antes de llegar a su falla.
- d. Maleabilidad. Este asociado a los esfuerzos a compresión.

- e. Tenacidad. Es la capacidad que tiene el acero de absorber energía en su intervalo inelástico de esfuerzos.
- f. Dureza. La dureza del acero es la propiedad que tiene al ser resistente a ser rayado.
- g. Maquinabilidad. El acero es un material que puede ser doblado con herramientas manuales y mecánicas.
- h. Soldabilidad. La propiedad que tiene el acero para poder soldarlo.
- i. Adherencia. Esta propiedad que tiene de pegarse a un material, en este caso de pegarse con el concreto (Martinez, 2002).

5.2.3.4 *Varillas de acero corrugado usadas en Perú*

En el Perú se producen y comercializan las barras de acero corrugadas aprobadas por las normas ASTM A615 (2019) Y ASTM 706 (Aceros Arequipa, 2019b).

El acero para varillas de construcción A706 es una especificación técnica ASTM que fue introducida al mercado constructivo en la década de los 70. Esta normativa surgió en atención a las demandas del sector industrial de la ingeniería de contar con varillas de refuerzo que tuvieran un comportamiento de fluencia predecible, especialmente para estructuras diseñadas para resistir sismos, y que además permitieran la soldadura debido a su composición química (Construction Technical Note, 2010).

Actualmente, El código ACI 318 establece que, para elementos estructurales sismorresistentes como columnas, vigas y muros con detalles sísmicos especiales, se deben utilizar varillas de acero A706. Sin embargo, se permite el uso de varillas A615 si cumplen con ciertos criterios: la resistencia real a la fluencia no puede exceder la resistencia especificada en no menos de 125 MPa, y la correlación existente entre la resistencia a la tracción y la resistencia a la fluencia debe ser de al menos 1.25 ACI (2014).

a) Fierro corrugado según ASTM A706-GRADO 60/NTP 339.186-GRADO 40

- ✓ La producción de estas varillas se realiza en longitudes estándar de 9 y 12 metros, con una selección de diámetros disponibles: 6mm, 8mm, 3/8", 12mm, 1/2", 5/8", 3/4", 1", 1 1/4", 1 3/8". Previo acuerdo, se puede producir en otros diámetros y longitudes requeridos por los clientes. Se comercializa en paquetes de 2 toneladas, barras y acero con dimensiones personalizadas (Aceros Arequipa, 2019a).

✓ PROPIEDADES MECÁNICAS:

Límite de fluencia (f_y) 0 420 MPa – 540 MPa

Resistencia a la tracción (R): 550 MPa, mínimo

Relación $R/f_y \geq 1.25$

Alargamiento en 200 mm

Diámetros:

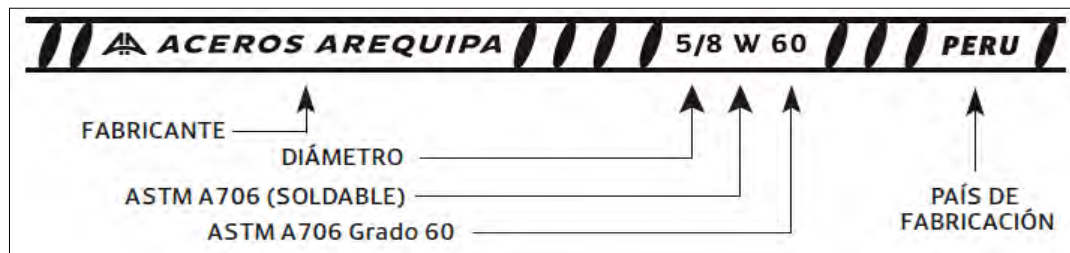
- 6mm, 8mm, 3/8", 12mm
- 1/2", 5/8" = 14% mínimo
- 1", 1 1/4" y 1 3/8" = 12% mínimo

Doblado a 180° = Bueno en todos los diámetros

- ✓ A través de marcas en relieve creadas durante el proceso de laminación, se identifica a las varillas de acero, indicando detalles del proveedor, las medidas, los estándares, la clasificación del acero y la procedencia. La 'W' las distingue como soldables.

Figura 6

Características fierro corrugado según A706-GRADO 60/NTP 339.186-GRADO 40



Nota. La figura muestra el detalle de los aceros corrugados según la normativa ASTM A706. Fuente: Aceros Arequipa, (2019)

b) Fierro corrugado según ASTM A615-GRADO 60/NTP 341.031-GRADO 40

✓ La producción de estas varillas se realiza en longitudes estándar de 9 y 12 metros, con una selección de diámetros disponibles: 6mm, 8mm, 3/8", 12mm, 1/2", 5/8", 3/4", 1", 1 3/8". Con una orden anticipada, se puede realizar la producción en diámetros y longitudes específicos solicitados por los clientes (Aceros Arequipa, 2019b).

✓ PROPIEDADES MECÁNICAS:

- Límite de fluencia (f_y) 0 420 MPa (4 2800 kg/cm²)
- Resistencia a la tracción (R): 620 MPa (6 320 kg/cm²) mínimo
- Relación $R/f_y \geq 1.25$
- Alargamiento en 200 mm
- Diámetros:

6mm, 8mm = 11% mínimo

3/8", 12mm 1/2", 5/8" y 3/4" = 14% mínimo

1" y 1 3/8" = 12% mínimo

- Doblado a 180° = Bueno en todos los diámetros

Figura 7

Características fierro corrugado según A706-GRADO 60/NTP



Nota. La figura muestra el detalle de los aceros corrugados según la normativa ASTM A615. Fuente: Aceros Arequipa, (2019)

5.2.3.5 Factores que influyen en la corrosión del acero

a) Acidez de la solución

El pH es una propiedad que define la cantidad de iones de hidrógeno libres que se encuentran en una solución. Cuando el pH es menor a 7 se considera que la solución es ácida. Lo cual significa la solución presenta una concentración alta de iones hidrógeno libres, los cuales reciben electrones para poder estabilizarse (Salazar, 2015).

b) Sales disueltas.

Las sales ácidas al estar disueltas en una solución electrolítica disminuyen el pH, lo cual acelera el proceso de corrosión por el efecto de acidez. Estas sales ácidas pueden ser: el cloruro de aluminio, el cloruro de hierro y el cloruro de amonio (Salazar, 2015).

c) Capas protectoras

La tendencia a la corrosión de un material se puede reducir con la existencia de capas que protejan su superficie. Estas capas pueden ser aplicadas artificialmente, en forma de recubrimientos; o pueden aparecer a través del fenómeno de pasividad, formándose capas de óxidos metálicos que impiden el avance del proceso corrosivo (Salazar, 2015).

d) Concentración de oxígeno

La concentración de oxígeno en el medio electrolítico puede influir significativamente en el proceso de corrosión, acelerándolo o ralentizándolo, según la naturaleza del material expuesto (Salazar, 2015).

e) Temperatura

Las elevadas temperaturas incrementan la velocidad de corrosión, esto se debe a que la difusión del oxígeno se ve acelerada, lo que provoca su debilitamiento. Estudios experimentales han demostrado que, al elevar la temperatura de 2° C, incrementa aproximadamente al doble la tasa de corrosión (Salazar, 2015).

Factores que afectan la corrosión dentro del concreto

- a. Relación agua/cemento. Cuando la relación de agua/cemento sea mayor, se incrementará la porosidad del concreto, facilitando así la penetración de cloruros y dióxidos de carbono.
- b. Permeabilidad del concreto. Los concreto de baja calidad permiten una mayor entrada de agentes agresivos.
- c. Recubrimiento del acero. Un recubrimiento inadecuado, menor de lo recomendado, expondrá más el acero a la corrosión.
- d. Contenido de cloruros y sulfatos. Cuando el nivel de concentración de estos supera el umbral, la capa pasiva del acero se destruye, así iniciando la corrosión.
- e. Nivel de pH del concreto. El concreto fresco con un pH de entre 12 y 13, crea un ambiente alcalino el cual protege el acero, cuando el pH desciende por

debajo de 9, con el pasar del tiempo, la capa pasiva del acero se debilita y el acero será vulnerable a la corrosión.

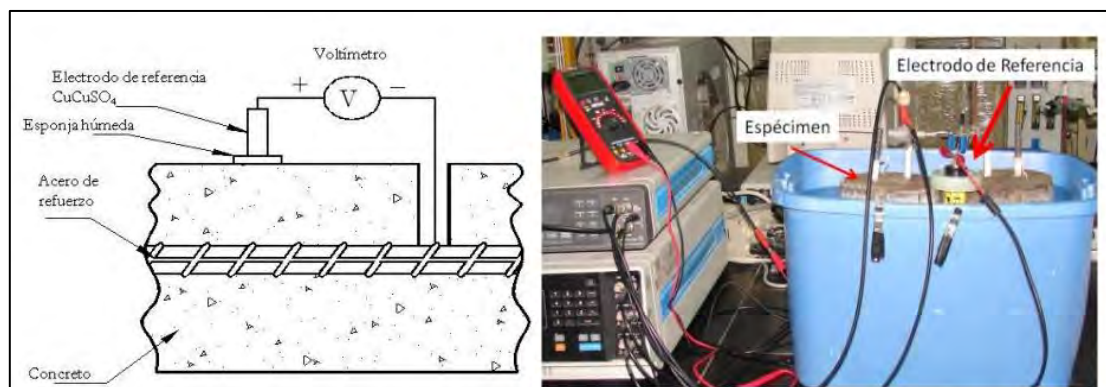
5.2.3.6 Métodos de evaluación de la corrosión

a. Medición del potencial de corrosión

Este método nos permite medir el potencial de corrosión del acero en el concreto, por medio de electrodos de referencia. Bajo un circuito abierto (Tiburcio et al., 2012).

Figura 8

Medición del potencial de corrosión



Nota. La figura muestra el proceso de una medición del potencial de corrosión. Fuente: (Tiburcio et al., 2012)

b. Técnicas de espectroscopia de impedancia electroquímica

Con este método es posible medir tres parámetros de los procesos de corrosión. La velocidad de corrosión la cual será determinada mediante la resistencia de transferencia de carga. La capacidad de la doble capa electroquímica de la interfase metal/medio y el coeficiente de difusión de Warburg el cual es un fenómeno de transporte de masa (Sánchez, 2017).

c. Métodos acelerados de corrosión

Este método consiste de técnicas diseñadas para inducir y evaluar la corrosión de materiales en un tiempo reducido, con estas técnicas se simula condiciones agresivas que afectarían a los materiales hasta su corrosión los cuales tardarían años en desarrollarse de forma natural (Baez et al., 2025).

5.2.3.7 ASTM C876: *Potencial de corrosión en armaduras*

Este procedimiento de evaluación abarca la determinación del potencial eléctrico de semicelda del acero de refuerzo expuesto en hormigón de laboratorio y campo, con el propósito de definir la actividad corrosiva del acero de refuerzo.

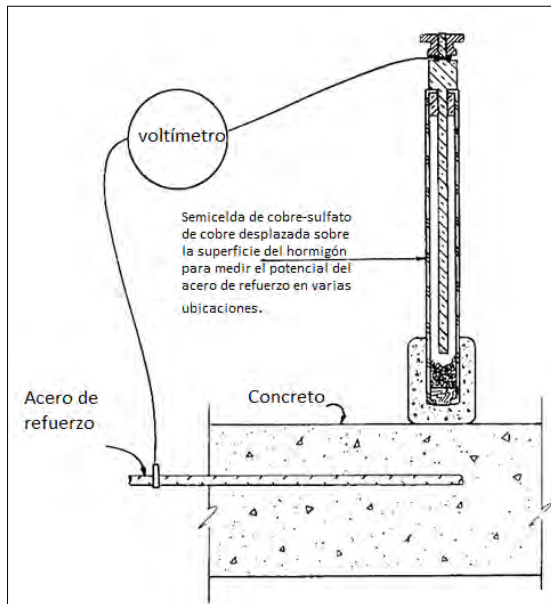
Este tipo de prueba está restringido por el circuito eléctrico. Una superficie de hormigón que se ha secado hasta el punto de ser dieléctrica, así como las superficies recubiertas con un material dieléctrico, no brindaran un circuito eléctrico aceptable. La Figura 7 muestra la forma básica que debe tener el circuito eléctrico para que funcione de manera correcta.

Se establece que los valores expresados en pulgadas-libra son los estándares a seguir.

Esta norma técnica se enfoca en el procedimiento de ensayo, pero no abarca los aspectos de seguridad que puedan surgir durante su aplicación (American Society for Testing and Materials, 1999).

Figura 9

Circuito de media celda de cobre-sulfato de cobre



Nota. Fuente: (American Society for Testing and Materials, 2025)

5.2.4 Relación entre la corrosión del acero y la resistencia a la flexión

5.2.4.1 Efecto de la pérdida de sección en la capacidad portante

La pérdida de sección en elementos estructurales, como aceros embebidos en concreto, afecta directamente y forma negativa a la capacidad portante de la estructura. El área efectiva de la armadura se ve disminuida por la corrosión, reduciendo así su capacidad de soportar esfuerzos de tracción y compresión (Rojas, 2019).

5.2.4.2 Reducción de la adherencia acero-concreto

Según Dominguez (2013), en la actualidad, el término "adherencia" describe la unión física crucial que se establece entre el concreto y las varillas de acero incrustadas en él. Esta unión se genera en la zona de contacto entre ambos materiales y permite que las fuerzas y tensiones se transmitan de manera continua entre ellos, asegurando que trabajen como un solo elemento estructural.

5.2.4.3 *Impacto en la ductilidad y deformaciones*

Un efecto secundario de la corrosión en las armaduras de acero, que a menudo se pasa por alto, es la disminución de sus propiedades mecánicas, especialmente su capacidad para deformarse sin romperse (ductilidad). Se ha observado que la forma y profundidad de las picaduras causadas por la corrosión tienen un impacto significativo en la pérdida de esta ductilidad (Hingorani et al., 2012).

5.2.5 *Base estadística*

5.2.5.1 *Prueba T-student*

La prueba T es una prueba estadística que es utilizada para comparar dos grupos, se emplea en pruebas de hipótesis para determinar si algún proceso afecta a la población de estudio o si dos grupos son diferentes entre sí (Bevans, 2020).

La prueba T es una prueba paramétrica, la cual asume que los datos de cada grupo sean independientes, tengan una distribución normal y que tengan una varianza similar.

5.2.5.1.1 *Prueba T-student de una muestra, de dos muestras o muestras dependientes o pareadas*

Se realiza esta prueba cuando los grupos provienen de una sola población con mediciones distintas en el tiempo, es decir una medición antes y otra después. Se utiliza esta prueba para verificar si hay alguna diferencia estadística significativa entre el valor medio de ambos grupos (numiqo, 2021).

Para la hipótesis se hace una suposición preliminar, la cual se va a probar, para la prueba t para muestras pareadas, se tiene dos hipótesis:

- a) **La hipótesis nula H_0** , indica que el valor medio de los grupos es igual ($H_0 = 0$)

- b) **La hipótesis alternativa H_1** , indica que los valores medios de los grupos son diferentes ($H_1 \neq 0$)

5.2.5.1.2 *Calcular la prueba t para muestras dependientes*

Se calcula primero la diferencia de cada par de los grupos, y se calcula el valor promedio de estos.

El valor del estadístico t se calcula con la siguiente expresión:

$$t = \frac{\bar{D} - \mu_d}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}} \quad Ec. (17)$$

Donde:

t: estadístico de prueba

D: promedio de la diferencia

μ_d : valor teórico de la diferencia = 0

S_D : Desviación estándar

n: Número de elementos evaluados

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum (Di - \bar{D})^2}{n - 1}} \quad Ec. (18)$$

$$\bar{D} = \frac{\sum Di}{n} \quad Ec. (19)$$

$$H_0: \mu_d = 0 \quad H_1: \mu_d \neq 0 \quad Ec. (20)$$

H_0 : Hipótesis nula

H_1 : Hipótesis alternativa

Para interpretar el resultado, se compara el valor estadístico t , con el valor crítico t , que se puede leer en la siguiente tabla, tomando en cuenta el valor de significancia de alfa (α), el cual normalmente es 0.05.

Tabla 8

Valores críticos de la distribución t

v	α						
	0.40	0.30	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025
1	0.325	0.727	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706
2	0.289	0.617	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303
3	0.277	0.584	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182
4	0.271	0.569	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776
5	0.267	0.559	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571
6	0.265	0.553	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447
7	0.263	0.549	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365
8	0.262	0.546	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306
9	0.261	0.543	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262
10	0.260	0.542	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228
11	0.260	0.540	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201
12	0.259	0.539	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179
13	0.259	0.537	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160
14	0.258	0.537	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145
15	0.258	0.536	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131
16	0.258	0.535	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120
17	0.257	0.534	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110
18	0.257	0.534	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101
19	0.257	0.533	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093
20	0.257	0.533	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086
21	0.257	0.532	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080
22	0.256	0.532	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074
23	0.256	0.532	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069
24	0.256	0.531	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064
25	0.256	0.531	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060
26	0.256	0.531	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056
27	0.256	0.531	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052
28	0.256	0.530	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048
29	0.256	0.530	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045
30	0.256	0.530	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042
40	0.255	0.529	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021
60	0.254	0.527	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000
120	0.254	0.526	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980
∞	0.253	0.524	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960

Nota. Fuente: (Numiqo, 2021)

Para comprobar la hipótesis, se debe comparar el valor de prueba p , calculado del estadístico t mediante software estadístico, con el valor crítico de t , según las tablas.

Si $p < t$ se rechaza la hipótesis nula, es decir los valores de cada grupo son significativamente diferentes.

5.2.5.2 *Prueba de Dixon*

La prueba de Dixon permite hallar un valor atípico en un conjunto de datos, comprueba si el valor mínimo o máximo de una serie de datos son atípicos. La prueba compara el valor sospechoso con la distancia que hay en un valor con respecto a las vecinas y con el rango de todas las observaciones, dicha prueba está limitada para muestras desde 3 hasta 30 datos (Statistical Engineering Division, 2023).

Los pasos a seguir para la prueba son los siguientes:

- Paso 1: Se ordena los valores en forma ascendente, de la siguiente manera:

$$X_1 < X_2 < X_3 < \dots < X_N \quad \text{Ec. (21)}$$

Donde: X_1 : es el valor más pequeño y X_N : es el valor más grande

Paso 2: Se calcula el valor de Dixon según la tabla

Tabla 9

Prueba de Dixon según el número de datos

Nº de datos	Relación a calcular	Si X_1 es sospechoso	Si X_n es sospechoso
$n = 3 \text{ a } 7$	R_{10}	$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1}$	$r_{10} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}$
$n = 8 \text{ a } 10$	R_{11}	$r_{11} = \frac{x_2 - x_1}{x_{n-1} - x_1}$	$r_{11} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}$
$n = 11 \text{ a } 13$	R_{21}	$r_{21} = \frac{x_3 - x_1}{x_{n-1} - x_1}$	$r_{21} = \frac{x_n - x_{n-2}}{x_n - x_1}$
$n = 14 \text{ a } 25$	R_{22}	$r_{22} = \frac{x_3 - x_1}{x_{n-2} - x_1}$	$r_{22} = \frac{x_n - x_{n-2}}{x_n - x_1}$

Nota. Muestra las fórmulas para las relaciones a calcular según el número de datos.

Fuente: Statistical Engineering Division (2023)

Paso 3: se busca el valor crítico de Q, de acuerdo con el nivel de significancia

Tabla

10

Valores críticos de Dixon

Test Statistic	N	Level of significance α						
		0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005
$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1}$	3	0.684	0.781	0.886	0.941	0.976	0.988	0.994
	4	0.471	0.560	0.679	0.765	0.846	0.889	0.926
	5	0.373	0.451	0.557	0.642	0.729	0.780	0.821
	6	0.318	0.386	0.482	0.560	0.644	0.698	0.740
	7	0.281	0.344	0.434	0.507	0.596	0.637	0.680
$r_{11} = \frac{x_2 - x_1}{x_{n-1} - x_1}$	8	0.318	0.385	0.479	0.554	0.631	0.683	0.725
	9	0.288	0.352	0.441	0.512	0.587	0.635	0.677
	10	0.265	0.325	0.409	0.477	0.551	0.597	0.639
$r_{21} = \frac{x_3 - x_1}{x_{n-1} - x_1}$	11	0.391	0.442	0.517	0.576	0.638	0.679	0.713
	12	0.370	0.419	0.490	0.546	0.605	0.642	0.675
	13	0.351	0.399	0.467	0.521	0.578	0.615	0.649
$r_{22} = \frac{x_3 - x_1}{x_{n-2} - x_1}$	14	0.370	0.421	0.492	0.546	0.602	0.641	0.674
	15	0.353	0.402	0.472	0.525	0.579	0.616	0.647
	16	0.338	0.386	0.454	0.507	0.559	0.595	0.624
	17	0.325	0.373	0.438	0.490	0.542	0.577	0.605
	18	0.314	0.361	0.424	0.475	0.527	0.561	0.589
	19	0.304	0.350	0.412	0.462	0.514	0.547	0.575
	20	0.295	0.340	0.401	0.450	0.502	0.535	0.562
	21	0.287	0.331	0.391	0.440	0.491	0.524	0.551
	22	0.280	0.323	0.382	0.430	0.481	0.514	0.541
	23	0.274	0.316	0.374	0.421	0.472	0.505	0.532
	24	0.268	0.310	0.367	0.413	0.464	0.497	0.524
	25	0.262	0.304	0.360	0.406	0.457	0.489	0.516

Nota. La tabla muestra los valores de críticos del estadístico Dixon según el nivel de significancia. Fuente: Statistical Engineering Division (2023)

Paso 4: Se compara el valor estadístico de Q obtenido, con el valor crítico de Q, Si el valor estadístico Q es mayor que el valor crítico, el valor evaluado es un valor atípico.

6 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

6.1 Formulación de hipótesis

6.1.1 *Hipótesis general*

- La corrosión de barras estructurales es de 10%, la cual reduce en un 10% la resistencia a la flexión de los elementos estructurales en viviendas autoconstruidas.

6.1.2 *Hipótesis específicas*

- El grado de corrosión más frecuente en barras de acero estructurales es de 10% del diámetro de la barra.
- La resistencia a flexión de elementos estructurales contruidos con barras de acero estructural corroídos es menor en 10% respecto a los contruidos con acero sin corrosión.
- La adherencia de las barras de acero con presencia de corrosión y el concreto se reduce un 10%.

6.2 Identificación y operacionalización de variables

6.2.1 *Identificación de variables*

6.2.1.1 *Variable independiente (X):*

Corrosión en el acero corrugado: Exposición a 5 semanas y 6 semanas.

6.2.1.2 *Variable dependiente (Y)*

Resistencia a la flexión de elementos estructurales

Adherencia entre barras de acero con presencia de corrosión y concreto

6.2.2 Matriz de consistencia

Tabla 11

Matriz de consistencia

Nivel	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
General	¿Cómo es la corrosión de las barras de acero estructurales y cuál es la relación con la resistencia a la flexión de elementos estructurales en viviendas autoconstruidas?	Determinar el grado de corrosión de las barras estructurales y su relación con la resistencia a la flexión de elementos estructurales en viviendas autoconstruidas.	La corrosión de barras estructurales es de 10%, la cual reduce en un 10% la resistencia a la flexión de los elementos estructurales en viviendas autoconstruidas	Variable Dependiente (Y) - Resistencia a flexión de elementos estructurales	Enfoque: - Cuantitativo Alcance: El estudio se centra en el análisis de la resistencia a la flexión en elementos estructurales construidas con acero con presencia de corrosión
Específico 1	¿Cuál es el grado de corrosión en las barras de acero utilizadas en elementos estructurales en viviendas autoconstruidas?	Identificar el grado de corrosión más frecuente en barras de acero utilizadas en elementos estructurales en viviendas autoconstruidas.	El grado de corrosión más frecuente en barras de acero estructurales es de 10% del diámetro de la barra		Diseño: - Cuantitativo-Experimental
Específico 2	¿Cuál es la resistencia a flexión de elementos estructurales contruidos con barras de acero estructural corroídos en viviendas autoconstruidas?	Analizar la resistencia a flexión de elementos estructurales contruidos con barras de acero estructurales corroídos.	La resistencia a flexión de elementos estructurales contruidos con barras de acero estructural corroídos es menor en 10% respecto a los contruidos con acero sin corrosión.	Variable Independiente (X) - Corrosión en el acero corrugado	Instrumentos: Ficha de registro de datos Población de Estudio: Estructuras de concreto armado
Específico 3	¿Cómo afecta la corrosión de las barras de acero estructural en la adherencia con el concreto?	Examinar la adherencia de las barras de acero estructurales con presencia de corrosión y el concreto	La adherencia de las barras de acero con presencia de corrosión y el concreto se reduce un 10%		Muestra: Vigas y dados de concreto fabricadas en laboratorio

6.2.3 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 12

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable Dependiente (Y) - Resistencia de flexión de elementos estructurales	La resistencia a la flexión es definida como la tensión máxima que un material puede soportar antes de fallar bajo carga o la fuerza requerida para propagarse a través de defectos preexistentes. (Bonilla et al., 2017)	La resistencia a la flexión se mide en kilogramos por metro cuadrado, y puede determinarse por ensayos en laboratorio mediante ensayos con cargas en puntos tercios o en punto medio según ASTM C78 y ASTM C293 (ASTM C78, 2022)	Esfuerzo de flexión	Esfuerzo en la viga (MPa)
				Longitud de la barra (m)
				Momento flector (kN.m)
			Mezcla de concreto	Relación agua cemento
				Resistencia a compresión del concreto(kg/m ³)
				Condiciones del ensayo
			Condiciones de carga	Distribución de carga
				Intensidad de carga (kN)
			Adherencia acero-concreto	Resistencia a la adherencia (MPa)
				Esfuerzo de extracción Push-in (kN)
				Deslizamiento acero-concreto (mm)
Variable Independiente (X) - Corrosión en los aceros corrugado	La ASTM G193 define la corrosión como el deterioro de un material, generalmente un metal, como resultado de una reacción electroquímica con su entorno. En el caso de los aceros, esta reacción suele involucrar la oxidación del hierro, lo que produce óxido. (ASTM 193, 2020)	La corrosión en el acero de refuerzo se puede medir operativamente a través de la pérdida de masa del acero debido a la oxidación, o mediante la medición de potencial de corrosión en el acero de refuerzo utilizando un medidor de potencial medio de media celda (ASTM C876).	Exposición	Tipo de exposición
				Duración de la exposición (días)
				Intensidad de la exposición %
			Propiedades de los aceros	Área transversal de la barra (mm ²)
				Tipo de corrugación
			Nivel de corrosión	Pérdida de peso del acero (gr)
				Perdida de la sección del acero (mm)

6.3 Definición de términos básicos

- a. Corrosión: La corrosión es un proceso electroquímico natural que deteriora un material, generalmente metálico, al reaccionar con el medio ambiente que lo rodea. Esta reacción química o electroquímica provoca la degradación del material, afectando su apariencia, propiedades mecánicas y, en última instancia, su funcionalidad (Lower, 2022).
- b. Adherencia: Describe la aptitud de un material para unirse o pegarse a otro de manera eficiente sin separarse. En el contexto de las estructuras de concreto armado, la adherencia es la fuerza de unión entre el concreto y el acero corrugado (o varilla) que se utiliza como refuerzo. Esta unión es crucial para garantizar que ambos materiales trabajen juntos de forma eficaz, permitiendo que el concreto resista las fuerzas de tracción mientras que el acero soporta las de compresión. Una buena adherencia evita que el concreto se deslice o se separe del acero, lo que podría comprometer la integridad estructural de la construcción (Domínguez Ramírez, 2013).
- c. Aceros de refuerzo: Los aceros de refuerzo, también conocidos como ferralla o armadura, son elementos estructurales de acero que se incorporan al concreto con el fin de incrementar su capacidad de soportar tracción y flexión. Estas barras de acero, con una configuración específica de nervaduras o corrugaciones, se integran dentro del concreto de manera estratégica para soportar las tensiones que este material no puede resistir por sí solo (Martinez, 2002).
- d. Vivienda autoconstruida: Una vivienda autoconstruida es aquella que es diseñada y construida, total o parcialmente, por sus propios habitantes. Este proceso implica que los propietarios toman las decisiones sobre el diseño, la

decisión sobre los materiales, la contratación del equipo de trabajo y la ejecución de las obras, sin la intervención de una empresa constructora formal (Lozano Ramírez, 2011).

- e. Concreto: El concreto es el producto de mezclar cemento, grava, arena, aditivos y agua. Maleable en su forma líquida y de gran resistencia a la compresión en su estado sólido (Rivva, 2004).
- f. Agregados: Los agregados son materiales que provienen de rocas, ya sea de forma natural o por procesos de trituración. Su tamaño varía enormemente, desde partículas muy finas hasta fragmentos de roca grandes. Se presentan en diversas formas, como arenas, gravas y finos, o como resultado de la fragmentación de rocas. Su función principal es la de proveer de resistencia a las mezclas de construcción, funcionando como un refuerzo (Rivva, 2004).
- g. Resistencia. La resistencia es la habilidad de un material para soportar fuerzas y deformaciones cuando se le aplican cargas externas, significa que los materiales deben poder resistir sin romperse, manteniendo su integridad dentro de límites de seguridad (Duran & Velasquez, 2019).
- h. Resistencia a la flexión. Mide la máxima tensión que un material es capaz de sufrir antes de agrietarse o romperse, cuando se le aplica una fuerza que lo dobla (Duran & Velasquez, 2019).

7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

7.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación es de enfoque cuantitativo, puesto que se compone de un conjunto de procesos secuenciales. El investigador plantea un problema, seguidamente se construye un marco teórico, o base teórica del estudio, lo cual deriva a la formulación de hipótesis (cuestiones que pueden ser ciertas o no), y se someten a prueba mediante diseños de investigación apropiados, los resultados corroboran la hipótesis y la aceptan o rechazan según los resultados obtenidos (Hernández et al., 2014).

7.2 Tipo de investigación

El estudio fue de tipo básica o pura, debido a que estuvo orientada a incrementar los conocimientos sobre la corrosión de los aceros estructurales y su relación con la resistencia a la flexión. De acuerdo con Ñaupas et al. (2018), la investigación básica busca ampliar los conocimientos sobre un tema, su meta es dejar el conocimiento disponible para que otros investigadores lo usen en el futuro.

7.3 Nivel de investigación

La investigación se enmarcó en un nivel correlacional; se determinó la relación que existencia entre la corrosión de barras de acero y la resistencia a la flexión de los elementos estructurales. Hernández y Mendoza (2018) indican que los estudios correlacionales permiten establecer el grado de asociación entre variables, mientras que los estudios explicativos buscan identificar las causas o factores que originan determinados fenómenos.

7.4 Diseño de investigación

7.4.1 Diseños cuasi experimentales

El diseño de la investigación es cuasi experimental en la cual se manipuló la variable independiente, correspondiente al grado de corrosión de las barras de acero estructurales, ello, con el fin de observar los cambios producidos en la variable dependiente, que es la resistencia a la flexión. Se elaboraron especímenes de concreto armado con diferentes niveles de corrosión inducida en el acero de refuerzo y posteriormente se sometieron a ensayos de flexión para evaluar su comportamiento estructural. Según Hernández (2014) un experimento se define como un estudio en el cual se alteran deliberadamente una o más variables independientes (las supuestas causas) para observar cómo estos cambios afectan a una o más variables dependientes (los supuestos efectos), todo esto dentro de un entorno controlado, la diferencia con un cuasi experimento es que los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están formados antes del experimento.

7.5 Población y muestra

7.5.1 Población

Para la investigación, está definida por estructuras de concreto armado con varillas de acero corrugado corroídas empleadas en la autoconstrucción de viviendas en la ciudad de Sicuani.

7.5.2 Muestra

Según López (2004) la muestra es una porción seleccionada de un grupo más grande, conocido como población o universo. En vez de hacer un estudio a todos los miembros de la población, se analiza esta muestra para obtener información representativa.

a) Tamaño muestral de viviendas a estudiar

El número total de construcciones que se realizan al momento de realizar el estudio siendo 8, la cual es demasiado pequeña, por lo que se estudiara la totalidad de estas.

b) Tamaño muestral de especímenes a ensayar

La normativa indica un mínimo de 3 muestras, eligiéndose 5 por grupo para obtener un menor rango de error en los resultados en los ensayos, por tanto, la muestra está conformada por 15 especímenes de viguetas de concreto armado de 15cm x 15cm x 1.1.m; de las cuales 5 contaban con un acero de refuerzo de 3/8" sin oxido, 5 presentaban acero corroído a las 5 semanas y 5 con acero corroído a las 6 semanas de exposición. También se ensayaron 15 prismas rectangulares de 10cm x 10 cm x 22.5cm, con las mismas condiciones del acero que las viguetas.

Tabla 13

Tamaño muestral

Tipo de espécimen	Dimensiones	Condición del acero de refuerzo	Cantidad (n)
Viguetas de concreto armado	15 cm × 15 cm × 1.10 m	Acero de 3/8" sin corrosión	5
Viguetas de concreto armado	15 cm × 15 cm × 1.10 m	Acero corroído durante 5 semanas	5
Viguetas de concreto armado	15 cm × 15 cm × 1.10 m	Acero corroído durante 6 semanas	5
Prismas rectangulares de concreto	10 cm × 10 cm × 22.5 cm	Acero de 3/8" sin corrosión	5
Prismas rectangulares de concreto	10 cm × 10 cm × 22.5 cm	Acero corroído durante 5 semanas	5
Prismas rectangulares de concreto	10 cm × 10 cm × 22.5 cm	Acero corroído durante 6 semanas	5
Total	—	—	30

7.5.3 Tipos de muestreo

- **Muestra no probabilística o dirigida**

Las muestras no probabilísticas, también conocidas como muestras dirigidas, se eligen en base a las necesidades específicas de la investigación en vez de seguir un método estadístico para asegurar la representatividad. Desde una perspectiva cuantitativa, la ventaja de este tipo de muestra radica en su utilidad para ciertos diseños de estudio. En estos casos, lo importante no es que la muestra represente a toda la población, sino que los casos se seleccionen de manera cuidadosa y controlada, cumpliendo con las características definidas previamente en el problema de investigación (Hernandez, 2014).

7.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de investigación representan las metodologías y herramientas que se emplean para recopilar información relevante sobre el objeto de estudio. Utiliza diversas herramientas para juntar, ordenar, estudiar, revisar y mostrar los datos descubiertos (Romero, 2023).

7.6.1 Técnicas

La técnica empleada en la presente investigación será la observación, la cual permitirá identificar y registrar de manera sistemática el comportamiento de las probetas durante el desarrollo de los ensayos. La información será obtenida a través de las pruebas de resistencia a la adherencia entre el concreto y el acero corroído. Una vez recolectados los datos, estos serán registrados, organizados y procesados mediante el uso de un ordenador y software especializado para la redacción y análisis de la información, facilitando su interpretación y posterior presentación de resultados.

7.6.2 Instrumentos de investigación

Los siguientes instrumentos serán empleados en la investigación:

- Ficha de recolección de datos

Desde una perspectiva técnica, la ficha de recolección de datos es un instrumento diseñado para registrar de manera sistemática y ordenada información relevante sobre variables específicas dentro de una investigación. Este formato permite capturar datos cuantitativos o cualitativos de manera precisa y estructurada, facilitando el posterior análisis estadístico o interpretativo (Castro, 2015).

Figura 10*Ficha de recolección de datos – parte 1*

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025		
TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA		
ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL		
LUGAR SICUANI - CUSCO - PERÚ - 2025		
A INFORMACIÓN GENERAL		
1 UBICACIÓN		
2 TIPO DE CONSTRUCCIÓN		
	NUEVA	
	AMPLIACIÓN	
	REMODELACIÓN	
	OTRO	
3 ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN		
	CIMENTACIÓN	
	ACABADOS	
	OTRO	
	ESTRUCTURA	
	FINALIZADO	
4 USO DE LA CONSTRUCCIÓN		
	VIVIENDA	
	ALMACEN	
	OFICINAS	
	OTRO	
5 NUMERO DE NIVELES		
B CONDICIONES DE LA CONSTRUCCIÓN		
6 ¿LA OBRA CUENTA CON PLANOS APROBADOS?		
	SI	
	NO	
	NO SABE	
	CUALES	
7 ¿SE HAN PRESENTADO PROBLEMAS ESTRUCTURALES VISIBLES? (GRIETAS, ASENTAMIENTOS, ETC?)		
	SI	
	NO	
	NO SABE	
	CUALES	
	FISURAS HORIZONTALES	
	FISURAS VERTICALES	
	FISURAS DIAGONALES	
	DESCASCARAMIENTOS	
8 OBSERVACIONES ADICIONALES		

Figura 11

Ficha de recolección de datos – parte 2

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 	
C	APOYO TÉCNICO
9	¿CUENTA CON LA ASESORIA DE UN PROFESIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN?
INGENIERO CIVIL	MAESTRO DE OBRA
ARQUITECTO	OTRO
	NO CUENTA
10	¿CON QUE FRECUENCIA SE REALIZA LA ASESORIA TÉCNICA?
DIARIO	ESPORADICAMENTE
SEMANAL	NUNCA
11	¿HA RECIBIDO CAPACITACIÓN O INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE CONSTRUCCIÓN SEGURA?
SI	NO
12	OBSERVACIONES ADICIONALES
D	CALIDAD DE LOS MATERIALES
13	CLASIFICACION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA
EXCELENTE	REGULAR
BUENA	MALA
	MUY MALA
14	¿LOS MATERIALES UTILIZADOS CUMPLEN CON LAS NORMAS TÉCNICAS VIGENTES?
SI	NO
	NO SABE
15	¿SE HAN REALIZADO PRUEBAS DE CALIDAD A LOS MATERIALES? (ENSAYOS DE RESISTENCIA, ETC)
SI	NO
	CUAL
16	EXISTEN PROBLEMAS CON LA DURABILIDAD O DESEMPEÑO DE ALGUN MATERIAL
SI	NO
	CUAL
17	OBSERVACIONES SOBRE LA CALIDAD DE MATERIALES
E	ALMACENAMIENTO DE MATERIALES
18	¿DÓNDE SE ALMACENAN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN?
BAJO TECHO	EN CONTENEDORES
A INTEMPERIE	OTRO
19	¿SE PROTEGE EL MATERIAL FRENTE A CONDICIONES CLIMATICAS? (LLUVIA, SOL, HUMEDAD)
SI	PARCIALMENTE
	NO

Figura 12

Ficha de recolección de datos – parte 3

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 									
20	¿CÓMO SE ALMACENAN LOS SIGUIENTES MATERIALES								
	CEMENTO		BAJO TECHO		A INTEMPERIE		EN ESTIBAS		
	AGREGADO FINO		CUBIERTA		DESCUBIERTA		CON SEPARADORES		
	AGREGADO GRUESO		CUBIERTA		DESCUBIERTA		CON SEPARADORES		
	ACERO DE REFUERZO		BAJO TECHO		A INTEMPERIE		ELEVADO DEL SUELO		
	OTROS		BAJO TECHO		A INTEMPERIE		EN ESTIBAS		
			CUBIERTA		DESCUBIERTA				
21	¿EL ALMACENAMIENTO ACTUAL AFECTA A LA CALIDAD DE LOS MATERIALES?								
	SI		NO		MATERIAL (ES)				
22	OBSERVACIONES ADICIONALES								
F	COMENTARIOS GENERALES								
23	¿QUÉ INFLUYE EN LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN?								
24	¿DESEA RECIBIR INFORMACIÓN O ASESORIA TÉCNICA ADICIONAL?								
G	MUESTREO								
25	SOBRE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS								
	VARILLAS DE 3/8"		CANTIDAD		LONGITUD				
	VARILLAS DE 1/2"		CANTIDAD		LONGITUD				
SOBRE EL GRADO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL									
	CORROSIÓN ALTO		CORROSIÓN MEDIA		CORROSIÓN BAJA				
SOBRE EL TIPO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL									
	TODA LA SUPERFICIE		PARCIAL		POR PICADURA				
OBSERVACIÓN ADICIONALES									

Figura 13

Ficha de recolección de datos iniciales de muestras recolectadas en obra

[illegible]

Figura 14

Ficha de cálculo de porcentaje de corrosión según el peso perdido

[illegible]

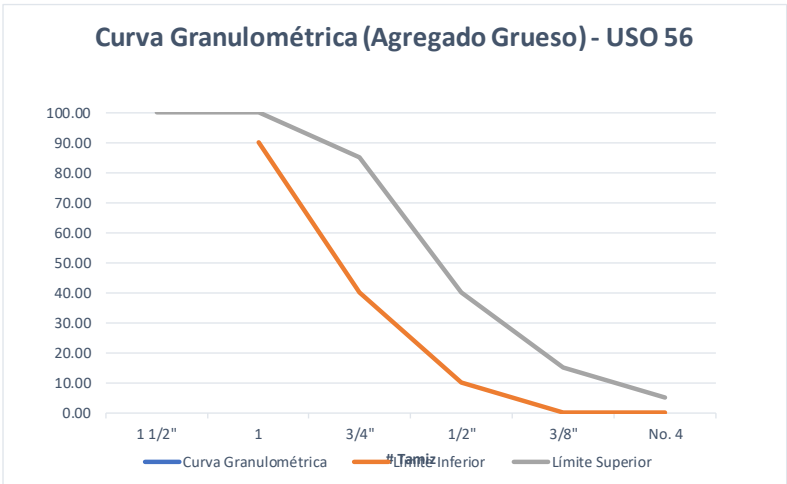
Figura 15

Ficha para ensayo de granulometría de agregado grueso

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SUCUNI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS					
Agregado Grueso					
Cantera				Fecha	
Peso inicial de la muestra					
Tamiz		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumul. (%)
pulg	mm				
3"	75.00				
2 1/2"	63.00				
2"	50.00				
1 1/2"	37.50				
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50				
No. 4	4.750				
Fondo					
Total				Tamaño Max Nom	
error (%)			Módulo de fineza		

Curva Granulométrica (Agregado Grueso) - USO 56



— Curva Granulométrica — Límite Inferior — Límite Superior

Figura 16

Ficha para ensayo de granulometría de agregado fino

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS TESISTAS ASESOR LUGAR	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICHUANI-CUSCO 2025 BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS					
Agregado Fino					
Cantera				Fecha	
Peso inicial de la muestra					
Tamiz		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumul. (%)
pulg	mm				
3/8"	9.500				
No. 4	4.750				
No. 8	2.360				
No. 16	1.180				
No. 30	0.600				
No. 50	0.300				
No. 100	0.150				
No. 200	0.075				
Fondo					
Total				Tamaño Max Nom	
error (%)			Módulo de finiza		

Curva Granulométrica (Agregado Fino)

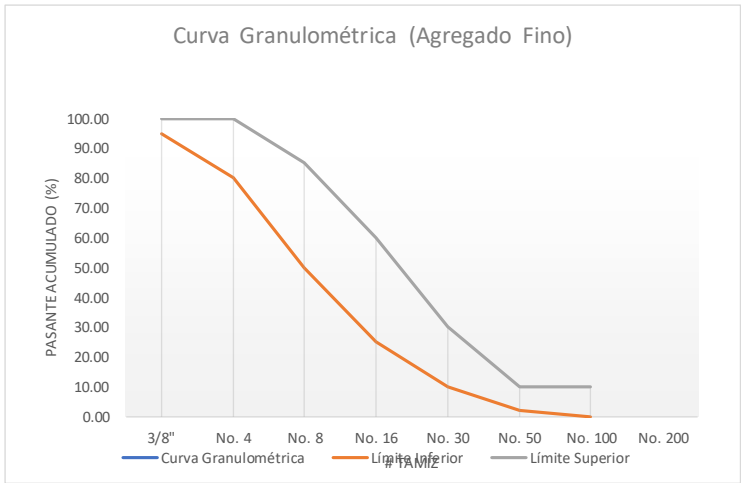


Figura 17

Ficha para ensayo de peso unitario de agregado grueso

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE AGREGADOS																												
AGREGADO GRUESO																												
Datos del Molde																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Peso del Molde</th></tr> <tr><td>PM</td><td>kg</td></tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Dimensiones del Molde</th></tr> <tr><td>D</td><td>cm</td></tr> <tr><td>h</td><td>cm</td></tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Volumen</th></tr> <tr><td>V</td><td>cm³</td></tr> <tr><td>V</td><td>m³</td></tr> </table>	Peso del Molde		PM	kg	Dimensiones del Molde		D	cm	h	cm	Volumen		V	cm ³	V	m ³												
Peso del Molde																												
PM	kg																											
Dimensiones del Molde																												
D	cm																											
h	cm																											
Volumen																												
V	cm ³																											
V	m ³																											
Peso Unitario Suelto de Agregado Grueso																												
$P.U. \text{ Suelto} = \frac{(\text{Peso del Molde} + \text{Agregado grueso suelto}) - \text{Peso del Molde}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{\text{Peso Agregado grueso suelto}}{\text{Volumen del Molde}}$																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="3" style="text-align: center;">Peso del Molde + Agregado Grueso</th></tr> <tr><td>PM+A.G. 1</td><td></td><td>kg</td></tr> <tr><td>PM+A.G. 2</td><td></td><td>kg</td></tr> <tr><td>PM+A.G. 3</td><td></td><td>kg</td></tr> <tr><th colspan="3" style="text-align: center;">Peso M + AG promedio</th></tr> <tr><td>PM+A.G.</td><td></td><td>kg</td></tr> </table>	Peso del Molde + Agregado Grueso			PM+A.G. 1		kg	PM+A.G. 2		kg	PM+A.G. 3		kg	Peso M + AG promedio			PM+A.G.		kg	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Peso Agregado Grueso Suelto</th></tr> <tr><td>P.A.G. Suelto</td><td>kg</td></tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Peso Unitario Suelto</th></tr> <tr><td>P.U. Suelto</td><td>kg/m³</td></tr> </table>	Peso Agregado Grueso Suelto		P.A.G. Suelto	kg	Peso Unitario Suelto		P.U. Suelto	kg/m ³	
Peso del Molde + Agregado Grueso																												
PM+A.G. 1		kg																										
PM+A.G. 2		kg																										
PM+A.G. 3		kg																										
Peso M + AG promedio																												
PM+A.G.		kg																										
Peso Agregado Grueso Suelto																												
P.A.G. Suelto	kg																											
Peso Unitario Suelto																												
P.U. Suelto	kg/m ³																											
Peso Unitario Compactado de Agregado Grueso																												
$P.U. \text{ Compactado} = \frac{(\text{Peso Molde} + \text{Agregado grueso compactado}) - \text{Peso Molde}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{\text{Peso Agregado grueso compactado}}{\text{Volumen del Molde}}$																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="3" style="text-align: center;">Peso del Molde + Agregado Grueso</th></tr> <tr><td>PM+A.G. 1</td><td></td><td>kg</td></tr> <tr><td>PM+A.G. 2</td><td></td><td>kg</td></tr> <tr><td>PM+A.G. 3</td><td></td><td>kg</td></tr> <tr><th colspan="3" style="text-align: center;">Peso M + AG promedio</th></tr> <tr><td>PM+A.G.</td><td></td><td>kg</td></tr> </table>	Peso del Molde + Agregado Grueso			PM+A.G. 1		kg	PM+A.G. 2		kg	PM+A.G. 3		kg	Peso M + AG promedio			PM+A.G.		kg	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Peso Agregado Grueso Compactado</th></tr> <tr><td>P.A.G. Comp</td><td>kg</td></tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Peso Unitario Compactado</th></tr> <tr><td>P.U. Comp.</td><td>kg/m³</td></tr> </table>	Peso Agregado Grueso Compactado		P.A.G. Comp	kg	Peso Unitario Compactado		P.U. Comp.	kg/m ³	
Peso del Molde + Agregado Grueso																												
PM+A.G. 1		kg																										
PM+A.G. 2		kg																										
PM+A.G. 3		kg																										
Peso M + AG promedio																												
PM+A.G.		kg																										
Peso Agregado Grueso Compactado																												
P.A.G. Comp	kg																											
Peso Unitario Compactado																												
P.U. Comp.	kg/m ³																											
Porcentaje de Vacíos																												
$\% \text{ Vacíos} = \frac{\text{Peso Agregado grueso compactado} - \text{Peso Agregado grueso suelto}}{\text{Peso Agregado grueso compactado}} \times 100\%$																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Peso Agregado Grueso Suelto</th></tr> <tr><td>P.A.G. Suelto</td><td>kg</td></tr> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Peso Agregado Grueso Compactado</th></tr> <tr><td>P.A.G. Comp</td><td>kg</td></tr> </table>	Peso Agregado Grueso Suelto		P.A.G. Suelto	kg	Peso Agregado Grueso Compactado		P.A.G. Comp	kg	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Porcentaje de vacíos</th></tr> <tr><td>%vacíos</td><td>%</td></tr> </table>	Porcentaje de vacíos		%vacíos	%															
Peso Agregado Grueso Suelto																												
P.A.G. Suelto	kg																											
Peso Agregado Grueso Compactado																												
P.A.G. Comp	kg																											
Porcentaje de vacíos																												
%vacíos	%																											

Figura 18

Ficha para ensayo de peso unitario de agregado fino

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE AGREGADOS								
AGREGADO FINO								
Datos del Molde								
								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Peso del Molde</th> </tr> <tr> <td>PM</td> <td>kg</td> </tr> </table>	Peso del Molde		PM	kg				
Peso del Molde								
PM	kg							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Dimensiones del Molde</th> </tr> <tr> <td>D</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>h</td> <td>cm</td> </tr> </table>	Dimensiones del Molde		D	cm	h	cm		
Dimensiones del Molde								
D	cm							
h	cm							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Volumen</th> </tr> <tr> <td>V</td> <td>cm³</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>m³</td> </tr> </table>	Volumen		V	cm ³	V	m ³		
Volumen								
V	cm ³							
V	m ³							

Peso Unitario Suelto de Agregado Fino																												
$P.U. Suelto = \frac{(\text{Peso del Molde} + \text{Agregado fino suelto}) - \text{Peso del Molde}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{\text{Peso Agregado fino suelto}}{\text{Volumen del Molde}}$																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso del Molde + Agregado Fino</th> </tr> <tr> <td>PM+A.F. 1</td> <td></td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>PM+A.F. 2</td> <td></td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>PM+A.F. 3</td> <td></td> <td>kg</td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso M + AF promedio</th> </tr> <tr> <td>PM+A.F.</td> <td></td> <td>kg</td> </tr> </table>	Peso del Molde + Agregado Fino			PM+A.F. 1		kg	PM+A.F. 2		kg	PM+A.F. 3		kg	Peso M + AF promedio			PM+A.F.		kg	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Peso Agregado Fino Suelto</th> </tr> <tr> <td>P.A.F. Suelto</td> <td>kg</td> </tr> </table>	Peso Agregado Fino Suelto		P.A.F. Suelto	kg	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Peso Unitario Suelto</th> </tr> <tr> <td>P.U. Suelto</td> <td>kg/m³</td> </tr> </table>	Peso Unitario Suelto		P.U. Suelto	kg/m ³
Peso del Molde + Agregado Fino																												
PM+A.F. 1		kg																										
PM+A.F. 2		kg																										
PM+A.F. 3		kg																										
Peso M + AF promedio																												
PM+A.F.		kg																										
Peso Agregado Fino Suelto																												
P.A.F. Suelto	kg																											
Peso Unitario Suelto																												
P.U. Suelto	kg/m ³																											

Peso Unitario Compactado de Agregado Fino																												
$P.U. Compactado = \frac{(\text{Peso Molde} + \text{Agregado fino compactado}) - \text{Peso Molde}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{\text{Peso Agregado fino compactado}}{\text{Volumen del Molde}}$																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso del Molde + Agregado Fino</th> </tr> <tr> <td>PM+A.F. 1</td> <td></td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>PM+A.F. 2</td> <td></td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>PM+A.F. 3</td> <td></td> <td>kg</td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso M + AF promedio</th> </tr> <tr> <td>PM+A.F.</td> <td></td> <td>kg</td> </tr> </table>	Peso del Molde + Agregado Fino			PM+A.F. 1		kg	PM+A.F. 2		kg	PM+A.F. 3		kg	Peso M + AF promedio			PM+A.F.		kg	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Peso Agregado Fino Compactado</th> </tr> <tr> <td>P.A.F. Comp</td> <td>kg</td> </tr> </table>	Peso Agregado Fino Compactado		P.A.F. Comp	kg	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Peso Unitario Compactado</th> </tr> <tr> <td>P.U. Comp.</td> <td>kg/m³</td> </tr> </table>	Peso Unitario Compactado		P.U. Comp.	kg/m ³
Peso del Molde + Agregado Fino																												
PM+A.F. 1		kg																										
PM+A.F. 2		kg																										
PM+A.F. 3		kg																										
Peso M + AF promedio																												
PM+A.F.		kg																										
Peso Agregado Fino Compactado																												
P.A.F. Comp	kg																											
Peso Unitario Compactado																												
P.U. Comp.	kg/m ³																											

Porcentaje de Vacios														
$\%Vacios = \frac{\text{Peso Agregado fino compactado} - \text{Peso Agregado fino suelto}}{\text{Peso Agregado finocompactado}} \times 100\%$														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Peso Agregado Fino Suelto</th> </tr> <tr> <td>P.A.F. Suelto</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Peso Agregado Fino Compactado</th> </tr> <tr> <td>P.A.F. Comp</td> <td>kg</td> </tr> </table>	Peso Agregado Fino Suelto		P.A.F. Suelto	kg	Peso Agregado Fino Compactado		P.A.F. Comp	kg	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Porcentaje de vacios</th> </tr> <tr> <td>%vacios</td> <td>%</td> </tr> </table>	Porcentaje de vacios		%vacios	%	
Peso Agregado Fino Suelto														
P.A.F. Suelto	kg													
Peso Agregado Fino Compactado														
P.A.F. Comp	kg													
Porcentaje de vacios														
%vacios	%													

Figura 19

Ficha para ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS TESISTAS ASESOR LUGAR	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025 BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN																																								
AGREGADO GRUESO																																								
Datos																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center; padding: 5px;">Peso canastilla sumergida</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%; padding: 5px;">PC Sumergida</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: center; padding: 5px;">gr</td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center; padding: 5px;">Peso canastilla + agregado</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">PC+A.G.</td> <td></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">gr</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center; padding: 5px;">Peso Posillo</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%; padding: 5px;">PP</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: center; padding: 5px;">gr</td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center; padding: 5px;">Peso Posillo + Agregado Grueso Saturado</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">PP + AG</td> <td></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">gr</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center; padding: 5px;">Peso Posillo + Agregado Grueso Seco</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%; padding: 5px;">PP + AG seco</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: center; padding: 5px;">gr</td> </tr> </table>	Peso canastilla sumergida			PC Sumergida		gr	Peso canastilla + agregado			PC+A.G.		gr	Peso Posillo			PP		gr	Peso Posillo + Agregado Grueso Saturado			PP + AG		gr	Peso Posillo + Agregado Grueso Seco			PP + AG seco		gr										
Peso canastilla sumergida																																								
PC Sumergida		gr																																						
Peso canastilla + agregado																																								
PC+A.G.		gr																																						
Peso Posillo																																								
PP		gr																																						
Peso Posillo + Agregado Grueso Saturado																																								
PP + AG		gr																																						
Peso Posillo + Agregado Grueso Seco																																								
PP + AG seco		gr																																						
PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO																																								
$P.E. = \frac{S}{B + S - C} \quad P.E.A. = \frac{A}{B + S - C} \quad P.E.N. = \frac{A}{B + A - C} \quad \% \text{ absorción} = \frac{A - S}{A} \times 100\%$																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <td style="width: 40%; padding: 5px;">Peso muestra saturada superficie seca</td> <td style="width: 10%; text-align: center; padding: 5px;">S</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: center; padding: 5px;">gr</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Peso muestra seca (24 horas en horno)</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">A</td> <td></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">gr</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Peso canastilla sumergida</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">B</td> <td></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">gr</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Peso canastilla + muestra sumergidos</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">C</td> <td></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">gr</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center; padding: 5px;">Peso Específico</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%; padding: 5px;">P.E.</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: center; padding: 5px;">gr/cm3</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center; padding: 5px;">Peso Específico Aparente</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%; padding: 5px;">P.E.A.</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: center; padding: 5px;">gr/cm3</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center; padding: 5px;">Peso Específico Nominal</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%; padding: 5px;">P.E.N.</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: center; padding: 5px;">gr/cm3</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center; padding: 5px;">Porcentaje de Absorción</th> </tr> <tr> <td style="width: 40%; padding: 5px;">% absorción</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%; text-align: center; padding: 5px;">%</td> </tr> </table>	Peso muestra saturada superficie seca	S		gr	Peso muestra seca (24 horas en horno)	A		gr	Peso canastilla sumergida	B		gr	Peso canastilla + muestra sumergidos	C		gr	Peso Específico			P.E.		gr/cm3	Peso Específico Aparente			P.E.A.		gr/cm3	Peso Específico Nominal			P.E.N.		gr/cm3	Porcentaje de Absorción			% absorción		%
Peso muestra saturada superficie seca	S		gr																																					
Peso muestra seca (24 horas en horno)	A		gr																																					
Peso canastilla sumergida	B		gr																																					
Peso canastilla + muestra sumergidos	C		gr																																					
Peso Específico																																								
P.E.		gr/cm3																																						
Peso Específico Aparente																																								
P.E.A.		gr/cm3																																						
Peso Específico Nominal																																								
P.E.N.		gr/cm3																																						
Porcentaje de Absorción																																								
% absorción		%																																						

Figura 20

Ficha para ensayo de peso específico y absorción de agregado fino

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS TESISTAS ASESOR LUGAR	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025 BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN																																								
AGREGADO FINO																																								
Datos																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Matraz</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">PM</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Agregado</th> </tr> <tr> <td>P A.F.</td> <td></td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Agregado + Matraz + agua</th> </tr> <tr> <td>PAF+PM+agua</td> <td></td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Posillo</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">PP</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: right;">gr</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Posillo + Agregado Fino</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">PP + AF</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: right;">gr</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Posillo + Agregado Fino Seco</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">PP + AF seco</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: right;">gr</td> </tr> </table>	Peso Matraz			PM		gr	Peso Agregado			P A.F.		gr	Peso Agregado + Matraz + agua			PAF+PM+agua		gr	Peso Posillo			PP		gr	Peso Posillo + Agregado Fino			PP + AF		gr	Peso Posillo + Agregado Fino Seco			PP + AF seco		gr				
Peso Matraz																																								
PM		gr																																						
Peso Agregado																																								
P A.F.		gr																																						
Peso Agregado + Matraz + agua																																								
PAF+PM+agua		gr																																						
Peso Posillo																																								
PP		gr																																						
Peso Posillo + Agregado Fino																																								
PP + AF		gr																																						
Peso Posillo + Agregado Fino Seco																																								
PP + AF seco		gr																																						
PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN AGREGADO FINO																																								
$P.E. = \frac{S}{B + S - C} \quad P.E.A. = \frac{A}{B + S - C} \quad P.E.N. = \frac{A}{B + A - C} \quad \% absorción = \frac{A - S}{A} \times 100\%$																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Peso muestra saturada superficie seca</td> <td style="width: 10%;">S</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca (24 horas en horno)</td> <td>A</td> <td></td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso matraz + agua</td> <td>B</td> <td></td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso matraz + agua + muestra</td> <td>C</td> <td></td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Específico</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">P.E.</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: right;">gr/cm³</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Específico Aparente</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">P.E.A.</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: right;">gr/cm³</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Específico Nominal</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">P.E.N.</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: right;">gr/cm³</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Porcentaje de Absorción</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">% absorción</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: right;">%</td> </tr> </table>	Peso muestra saturada superficie seca	S		gr	Peso muestra seca (24 horas en horno)	A		gr	Peso matraz + agua	B		gr	Peso matraz + agua + muestra	C		gr	Peso Específico			P.E.		gr/cm ³	Peso Específico Aparente			P.E.A.		gr/cm ³	Peso Específico Nominal			P.E.N.		gr/cm ³	Porcentaje de Absorción			% absorción		%
Peso muestra saturada superficie seca	S		gr																																					
Peso muestra seca (24 horas en horno)	A		gr																																					
Peso matraz + agua	B		gr																																					
Peso matraz + agua + muestra	C		gr																																					
Peso Específico																																								
P.E.		gr/cm ³																																						
Peso Específico Aparente																																								
P.E.A.		gr/cm ³																																						
Peso Específico Nominal																																								
P.E.N.		gr/cm ³																																						
Porcentaje de Absorción																																								
% absorción		%																																						

Figura 21*Ficha para ensayo de contenido de humedad de agregados*

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS TESISTAS ASESOR LUGAR	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025 BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE PORCENTAJE DE HUMEDAD										
Datos										
	Cápsula	Vacio (gr)	con agregado mojado (gr)	con agregado seco (gr)						
Agregado Grueso	G-1									
	G-2									
	G-3									
Agregado Fino	F-1									
	F-2									
	F-3									
	Cápsula	agregado mojado (gr) (Pw)	agregado seco (gr) (Ps)	% humedad						
Agregado Grueso	G-1									
	G-2									
	G-3									
Agregado Fino	F-1									
	F-2									
	F-3									
Resultados										
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">%humedad promedio</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Agregado Grueso</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Agregado Fino</td> <td></td> </tr> </table>					%humedad promedio		Agregado Grueso		Agregado Fino	
%humedad promedio										
Agregado Grueso										
Agregado Fino										

Figura 22

Ficha para ensayo de compresión de briquetas de concreto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

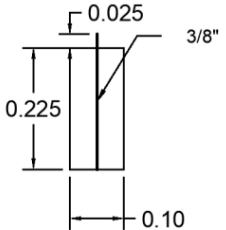
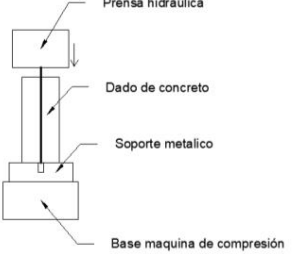
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO										
										a. Conos bien formados en ambos extremos. b. Cono bien formado en un extremo con grietas verticales. c. Grietas columnares y conos mal formados. d. Fractura diagonal, sin grietas. e. Fracturas laterales en la parte superior o inferior. f. Fracturas laterales en la parte superior.

DIMENSIONES DE LA MUESTRA										
N° DE BRIQUETA	CÓDIGO	FECHA		EDAD (DÍAS)	TIPO DE FALLA	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA DE LA SECCIÓN (cm²)	MÁXIMA FUERZA APLICADA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
		ELAB.	ENSAYO							
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										

Figura 23

Ficha para datos de dados de concreto para ensayo de adherencia

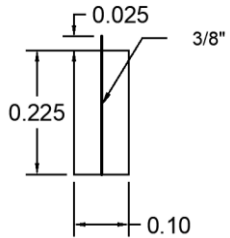
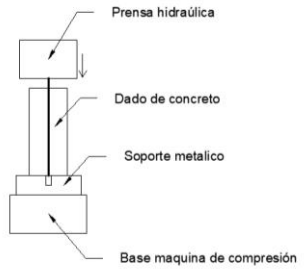
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE ADHERENCIA EN COMPRESIÓN	
	

DIMENSIONES DE LA MUESTRA								
N° DE ENSAYO	CÓDIGO	FECHA ELAB.	DIMENSIONES DE LA MUESTRA					
			Ø VARILLA (mm)	L (mm)	A (mm)	B (mm)	LV (mm)	LVS (mm)
1								
2								
3								
4								
5								

Figura 24
Ficha para ensayo de adherencia

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE ADHERENCIA EN COMPRESIÓN	
	

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO										
N° DE ENSAYO	CÓDIGO	FECHA		Edad concreto (DÍAS)	Ø VARILLA (mm)	FUERZA (kgf)	Carga aplicada (KN)	Long. Inicial	Long. Final	Oxido %
		ELAB.	ENSAYO					Lo (mm)	Lf (mm)	
1										
2										
3										
4										
5										

Figura 25

Ficha para datos de vigas de concreto para ensayo de flexión en 4 puntos

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 												
TESIS		EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025										
TESISTAS		BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA										
ASESOR		ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL										
LUGAR		CUSCO - PERÚ - 2025										
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN 4 PUNTOS NTP 339.078												
N° DE VIGUETA	CÓDIGO	FECHA		EDAD (DÍAS)	LONGITUD				LONGITUD APOYOS (m)	CARGA DE ROTURA (kgf)	MOMENTO ULTIMO (ton-m)	PROMEDIO (ton-m)
		ELABORACIÓN	ROTURA		SUPERIOR		INFERIOR					
					L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)				
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

Figura 26*Ficha para ensayo de flexión en 4 puntos*

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PATRÓN NTP 339.078											
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N° DE VIGUETA	CÓDIGO	FECHA		EDAD (DÍAS)	DIMENSIONES DE LA VIGA			CARGA DE ROTURA (kgf)	MÓDULO DE ROTURA (kgf/mm ²)	MÓDULO DE ROTURA (MPa)	PROMEDIO (MPa)
		ELABORACIÓN	ROTURA		ANCHO (mm)	PERALTE (mm)	LONGITUD (mm)				

8 DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN

8.1 Ubicación del lugar de la investigación

El presente proyecto está ubicado en el distrito de Sicuani, provincia de Canchis, departamento de Cusco.

8.2 Recolección de datos

Los datos serán recolectados por medio de fichas de recolección de datos, tanto para evaluar el nivel de corrosión de aceros utilizados, y para el ensayo de muestras y medir su resistencia a la flexión y la fuerza de adherencia entre acero y concreto.

8.3 Evaluación del porcentaje de corrosión en las varillas de acero corrugado utilizados en la ciudad de Sicuani

Se realiza la visita a viviendas durante su construcción, realizando una encuesta para averiguar las condiciones de los materiales y su almacenamiento, además se obtiene muestras de varillas de acero corrugado con presencia de corrosión. De la encuesta se obtiene que la mayoría de las viviendas son de autoconstrucción y no cuentan con apoyo técnico durante el proceso constructivo; aunque disponen de planos estructurales, generalmente no se presta atención a la calidad de los materiales, ya que los propietarios desconocen si estos cumplen con la normativa y tampoco aseguran un almacenamiento adecuado. En la gran mayoría de los casos se observa la presencia de corrosión en las varillas utilizadas, situación que se agrava porque muchos materiales, especialmente los aceros, se almacenan a la intemperie sin protección frente a las condiciones climáticas. Además, a partir de las viviendas visitadas se obtuvieron muestras de acero corroído de 10 cm de longitud (3 por cada vivienda) para su evaluación en laboratorio, con el fin de determinar el porcentaje de corrosión, recolectándose barras de 1/2" y de 3/8" de diámetro. Seguidamente se tiene los datos de cada muestra

Figura 27

Almacenamiento a la intemperie de aceros – vivienda 1



Nota. La figura muestra el estado de los aceros luego de su almacenamiento a la intemperie en las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Sicuani

Figura 28

Almacenamiento a la intemperie de armaduras de acero - vivienda 2



Nota. La figura muestra el estado de las armaduras de aceros luego de su almacenamiento a la intemperie en las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Sicuani

Figura 29

Almacenamiento a la intemperie de armaduras de acero – vivienda 3



Nota. La figura muestra el estado de las armaduras de aceros luego de su almacenamiento a la intemperie en las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Sicuani

Figura 30

Aceros utilizados en estructuras de concreto armado – vivienda 4



Nota. La figura muestra el estado de los aceros que se usan en las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Sicuani

Figura 31

Aceros utilizados en estructuras de concreto armado – vivienda 4



Nota. La figura muestra el estado de los aceros que se usan en las viviendas autoconstruidas en la ciudad de Sicuani

Figura 32

Muestras de aceros recolectados (con presencia de corrosión)



Nota. La figura muestras de acero recolectadas de las viviendas para medir su diámetro y su peso en laboratorio

Figura 33

Muestras de aceros recolectados después de limpieza



Nota. La figura muestras de acero recolectadas de las viviendas después de ser limpiadas (sin corrosión) para medir su diámetro y su peso en laboratorio

Figura 34

Varilla de 3/8" pesado antes y después de limpieza



Nota. La figura muestra la diferencia de peso de las muestras de acero de 3/8" antes y después de ser limpiados

Figura 35

Varilla de 1/2" pesado antes y después de limpieza



Nota. La figura muestra la diferencia de peso de las muestras de acero de 1/2" antes y después de ser limpiados

Tabla 14

Tabla de datos iniciales de muestras recolectadas en obra. Acero diámetro 1/2"

Muestra	Diámetro (cm)			D. Promedio (dm)	Sección (cm2)	Peso inicial (gr)	Longitud (cm)		L. Promedio (cm)	Peso nominal (gr)	Sección Nominal (cm2)
	d1	d2	d3	D	S0	W0	I1	I2	L	W	S
M-01-01	1.16	1.12	1.13	1.14	1.02	94.40	10.00	10.10	10.05	99.90	1.29
M-01-02	1.22	1.21	1.24	1.22	1.17	94.67	10.18	10.13	10.16	100.99	1.29
M-01-03	1.23	1.24	1.22	1.23	1.19	95.73	10.10	10.11	10.11	100.49	1.29
M-02-01	1.22	1.22	1.20	1.21	1.15	93.33	9.95	9.99	9.97	99.10	1.29
M-02-02	1.23	1.25	1.23	1.24	1.21	92.65	9.93	9.97	9.95	98.90	1.29
M-02-03	1.22	1.23	1.22	1.22	1.17	96.10	10.17	10.24	10.21	101.49	1.29
M-03-01	1.25	1.22	1.23	1.23	1.19	93.89	10.03	10.03	10.03	99.70	1.29
M-03-02	1.20	1.20	1.20	1.20	1.13	92.67	9.89	9.88	9.89	98.31	1.29
M-03-03	1.21	1.22	1.21	1.21	1.15	93.67	9.97	9.99	9.98	99.20	1.29
M-04-01	1.23	1.20	1.22	1.22	1.17	92.35	9.90	9.93	9.92	98.60	1.29
M-04-02	1.20	1.17	1.16	1.18	1.09	93.72	10.02	10.01	10.02	99.60	1.29
M-04-03	1.23	1.24	1.23	1.23	1.19	93.06	9.94	9.95	9.95	98.90	1.29

Nota: La tabla muestra los datos iniciales de las muestras de varillas

Tabla 15

Tabla de datos iniciales de muestras recolectadas en obra. Acero diámetro 1/2"

Muestra	Diámetro (cm)			D. Promedio (dm)	Sección (cm2)	Peso inicial (gr)	Longitud (cm)		L. Promedio (cm)	Peso nominal (gr)	Sección Nominal (cm2)
	d1	d2	d3	D	S0	W0	I1	I2	L	W	S
M-05-01	1.22	1.16	1.18	1.19	1.11	90.42	9.70	9.68	9.69	96.32	1.29
M-05-02	1.22	1.18	1.20	1.20	1.13	93.39	9.90	9.94	9.92	98.60	1.29
M-05-03	1.20	1.13	1.16	1.16	1.06	94.14	10.00	10.12	10.06	100.00	1.29
M-06-01	1.23	1.22	1.27	1.24	1.21	92.54	9.83	9.78	9.81	97.51	1.29
M-06-02	1.22	1.23	1.20	1.22	1.17	94.66	9.96	10.05	10.01	99.50	1.29
M-06-03	1.23	1.23	1.19	1.22	1.17	94.04	9.92	9.97	9.95	98.90	1.29
M-07-01	1.22	1.20	1.24	1.22	1.17	93.78	9.99	9.97	9.98	99.20	1.29
M-07-02	1.21	1.22	1.24	1.22	1.17	94.08	10.00	10.10	10.05	99.90	1.29
M-07-03	1.22	1.24	1.22	1.23	1.19	92.16	9.90	9.88	9.89	98.31	1.29
M-08-01	1.22	1.24	1.24	1.23	1.19	94.85	10.13	10.08	10.11	100.49	1.29
M-08-02	1.22	1.23	1.23	1.23	1.19	94.86	9.99	10.04	10.02	99.60	1.29
M-08-03	1.17	1.16	1.19	1.17	1.08	91.64	9.89	9.86	9.88	98.21	1.29

Nota: La tabla muestra los datos iniciales de las muestras de varillas

Tabla 16

Tabla de datos iniciales de muestras recolectadas en obra. Acero diámetro 3/8"

Muestra	Diámetro (cm)			D. Promedio (dm)	Sección (cm ²)	Peso inicial (gr)	Longitud (cm)		L. Promedio (cm)	Peso nominal (gr)	Sección Nominal (cm ²)
	d1	d2	d3	D	S0	W0	I1	I2	L	W	S
M-01-01	0.88	0.87	0.84	0.86	0.58	54.14	10.00	9.89	9.95	55.72	0.71
M-01-02	0.90	0.87	0.85	0.87	0.59	52.86	9.90	9.92	9.91	55.50	0.71
M-01-03	0.88	0.88	0.86	0.87	0.59	52.74	9.98	10.00	9.99	55.94	0.71
M-02-01	0.88	0.88	0.90	0.89	0.62	51.19	9.70	9.84	9.77	54.71	0.71
M-02-02	0.90	0.93	0.93	0.92	0.66	54.99	10.30	10.20	10.25	57.40	0.71
M-02-03	0.93	0.90	0.88	0.90	0.64	51.92	9.89	9.86	9.88	55.33	0.71
M-03-01	0.90	0.88	0.90	0.89	0.62	54.23	10.31	10.32	10.32	57.79	0.71
M-03-02	0.85	0.88	0.85	0.86	0.58	52.00	9.83	9.98	9.91	55.50	0.71
M-03-03	0.90	0.87	0.86	0.88	0.61	52.43	9.88	9.99	9.94	55.66	0.71
M-04-01	0.92	0.90	0.93	0.92	0.66	49.46	9.60	9.52	9.56	53.54	0.71
M-04-02	0.88	0.86	0.88	0.87	0.59	52.92	10.03	9.97	10.00	56.00	0.71
M-04-03	0.88	0.88	0.91	0.89	0.62	52.43	9.92	9.98	9.95	55.72	0.71
M-05-01	0.90	0.88	0.88	0.89	0.62	52.46	9.98	10.07	10.03	56.17	0.71
M-05-02	0.88	0.89	0.88	0.88	0.61	52.33	9.97	9.97	9.97	55.83	0.71
M-05-03	0.89	0.86	0.89	0.88	0.61	52.56	10.12	10.10	10.11	56.62	0.71
M-06-01	0.88	0.88	0.88	0.88	0.61	52.02	9.97	9.92	9.95	55.72	0.71
M-06-02	0.90	0.86	0.90	0.89	0.62	52.04	10.00	9.99	10.00	56.00	0.71

Nota: La tabla muestra los datos iniciales de las muestras de varillas

Tabla 17

Tabla de datos iniciales de muestras recolectadas en obra. Acero diámetro 3/8"

Muestra	Diámetro (cm)			D. Promedio (dm)	Sección (cm ²)	Peso inicial (gr)	Longitud (cm)		L. Promedio (cm)	Peso nominal (gr)	Sección Nominal (cm ²)
	d1	d2	d3	D	S0	W0	I1	I2	L	W	S
M-06-03	0.90	0.89	0.90	0.90	0.64	52.42	10.06	10.08	10.07	56.39	0.71
M-07-01	0.88	0.86	0.91	0.88	0.61	51.45	9.77	9.85	9.81	54.94	0.71
M-07-02	0.89	0.89	0.89	0.89	0.62	53.51	10.11	10.19	10.15	56.84	0.71
M-07-03	0.89	0.91	0.89	0.90	0.64	51.93	9.80	9.87	9.84	55.10	0.71
M-08-01	0.90	0.91	0.93	0.91	0.65	52.98	9.87	9.88	9.88	55.33	0.71
M-08-02	0.90	0.92	0.90	0.91	0.65	53.37	9.92	9.97	9.95	55.72	0.71
M-08-03	0.90	0.92	0.91	0.91	0.65	53.54	9.94	9.98	9.96	55.78	0.71
M-09-01	0.89	0.92	0.90	0.90	0.64	53.27	10.12	10.14	10.13	56.73	0.71
M-09-02	0.88	0.86	0.88	0.87	0.59	52.52	9.97	9.98	9.98	55.89	0.71
M-09-03	0.85	0.87	0.85	0.86	0.58	51.98	9.89	10.00	9.95	55.72	0.71
M-10-01	0.87	0.89	0.87	0.88	0.61	52.46	9.98	9.96	9.97	55.83	0.71
M-10-02	0.87	0.87	0.89	0.88	0.61	52.31	9.92	9.93	9.93	55.61	0.71
M-10-03	0.88	0.88	0.86	0.87	0.59	52.16	9.90	9.96	9.93	55.61	0.71
M-11-01	0.86	0.88	0.88	0.87	0.59	53.38	9.97	10.00	9.99	55.94	0.71
M-11-02	0.85	0.84	0.84	0.84	0.55	51.74	9.80	9.96	9.88	55.33	0.71
M-11-03	0.90	0.86	0.86	0.87	0.59	53.63	10.00	9.98	9.99	55.94	0.71

Nota: La tabla muestra los datos iniciales de las muestras de varillas

Seguidamente se obtiene los datos del peso después de la limpieza y secado y se calcula el porcentaje de corrosión en base a la diferencia de pesos.

Se utiliza la siguiente expresión:

$$C = \frac{W0 - W1}{W1} \times 100\% \quad Ec. (22)$$

Donde:

C: Porcentaje de corrosión

W0: Peso inicial de la muestra (gr)

W1: Peso después del limpieza y secado (gr)

Seguidamente se obtiene los datos de los diámetros después de la limpieza y secado, se calcula el porcentaje de reducción en base a la diferencia de diámetros.

Se utiliza la siguiente expresión:

$$\Delta S = \frac{S0 - S'}{S'} \times 100\% \quad Ec. (23)$$

Donde:

ΔS : Porcentaje de reducción de sección

S0: Sección inicial (cm²)

S': Sección después de limpieza y secado (cm²)

Figura 36

Muestras de acero corrugado de 3/8" con presencia de corrosión



Nota. muestra las varillas recolectadas en obra

Figura 37

Peso de las muestras después de quitarles el oxido



Tabla 18

Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 1/2"

Muestra	Diámetro Promedio (dm)	Sección (cm2)	Peso inicial (gr)	L. Promedio (cm)	Peso nominal (gr)	Sección Nominal (cm2)	Peso tras limpieza y secado	Diferencia de pesos	% Corrosión	% Corrosión promedio
	D	S0	W0	L	W	S	W1	$\Delta W = W0 - W1$	$\Delta W / W0 * 100$	ΔW
M-01-01	1.14	1.02	94.40	10.05	99.90	1.29	94.25	0.15	0.15%	
M-01-02	1.22	1.17	94.67	10.16	100.99	1.29	94.56	0.11	0.11%	0.16%
M-01-03	1.23	1.19	95.73	10.11	100.49	1.29	95.51	0.22	0.22%	
M-02-01	1.21	1.15	93.33	9.97	99.10	1.29	92.43	0.90	0.91%	
M-02-02	1.24	1.21	92.65	9.95	98.90	1.29	95.92	-3.27	-	1.90%
M-02-03	1.22	1.17	96.10	10.21	101.49	1.29	93.16	2.94	2.90%	
M-03-01	1.23	1.19	93.89	10.03	99.70	1.29	93.77	0.12	0.12%	
M-03-02	1.20	1.13	92.67	9.89	98.31	1.29	92.56	0.11	0.11%	0.12%
M-03-03	1.21	1.15	93.67	9.98	99.20	1.29	93.54	0.13	0.13%	
M-04-01	1.22	1.17	92.35	9.92	98.60	1.29	92.67	-0.32	-	
M-04-02	1.18	1.09	93.72	10.02	99.60	1.29	92.10	1.62	1.63%	1.63%
M-04-03	1.23	1.19	93.06	9.95	98.90	1.29	93.39	-0.33	-	

Nota. La tabla muestra los grados promedio de corrosión

Tabla 19

Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 1/2"

Muestra	Diámetro Promedio (dm)	Sección (cm ²)	Peso inicial (gr)	L. Promedio (cm)	Peso nominal (gr)	Sección Nominal (cm ²)	Peso tras limpieza y secado	Diferencia de pesos	% Corrosión	% Corrosión promedio
	D	S0	W0	L	W	S	W1	$\Delta W = W0 - W1$	$\Delta W / W0 * 100$	ΔW
M-05-01	1.19	1.11	90.42	9.69	96.32	1.29	89.81	0.61	0.63%	
M-05-02	1.20	1.13	93.39	9.92	98.60	1.29	92.96	0.43	0.44%	0.52%
M-05-03	1.16	1.06	94.14	10.06	100.00	1.29	93.66	0.48	0.48%	
M-06-01	1.24	1.21	92.54	9.81	97.51	1.29	92.20	0.34	0.35%	
M-06-02	1.22	1.17	94.66	10.01	99.50	1.29	94.24	0.42	0.42%	0.40%
M-06-03	1.22	1.17	94.04	9.95	98.90	1.29	93.63	0.41	0.41%	
M-07-01	1.22	1.17	93.78	9.98	99.20	1.29	93.31	0.47	0.47%	
M-07-02	1.22	1.17	94.08	10.05	99.90	1.29	93.66	0.42	0.42%	0.42%
M-07-03	1.23	1.19	92.16	9.89	98.31	1.29	91.80	0.36	0.37%	
M-08-01	1.23	1.19	94.85	10.11	100.49	1.29	94.32	0.53	0.53%	
M-08-02	1.23	1.19	94.86	10.02	99.60	1.29	94.45	0.41	0.41%	0.42%
M-08-03	1.17	1.08	91.64	9.88	98.21	1.29	91.33	0.31	0.32%	

Nota. La tabla muestra los grados promedio de corrosión

Tabla 20

Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 3/8"

Muestra	Diámetro Promedio (dm)	Sección (cm ²)	Peso inicial (gr)	L. Promedio (cm)	Peso nominal (gr)	Sección Nominal (cm ²)	Peso tras limpieza y secado	Diferencia de pesos	% Corrosión	% Corrosión promedio
	D	S0	W0	L	W	S	W1	ΔW	$\Delta W/W0*100$	ΔW
M-01-01	0.86	0.58	54.14	9.95	55.72	0.71	53.58	0.56	1.05%	
M-01-02	0.87	0.59	52.86	9.91	55.50	0.71	51.84	1.02	1.97%	1.64%
M-01-03	0.87	0.59	52.74	9.99	55.94	0.71	51.75	0.99	1.91%	
M-02-01	0.89	0.62	51.19	9.77	54.71	0.71	49.27	1.92	3.90%	
M-02-02	0.92	0.66	54.99	10.25	57.40	0.71	51.71	0.35	6.34%	1.16%
M-02-03	0.90	0.64	51.92	9.88	55.33	0.71	50.97	0.95	1.86%	
M-03-01	0.89	0.62	54.23	10.32	57.79	0.71	53.97	0.26	0.48%	
M-03-02	0.86	0.58	52.00	9.91	55.50	0.71	51.80	0.20	0.39%	0.40%
M-03-03	0.88	0.61	52.43	9.94	55.66	0.71	52.22	0.21	0.40%	
M-04-01	0.92	0.66	49.46	9.56	53.54	0.71	49.01	0.45	4.03%	
M-04-02	0.87	0.59	52.92	10.00	56.00	0.71	52.73	0.19	7.98%	0.51%
M-04-03	0.89	0.62	52.43	9.95	55.72	0.71	52.23	0.20	0.38%	
M-05-01	0.89	0.62	52.46	10.03	56.17	0.71	52.18	0.28	0.54%	
M-05-02	0.88	0.61	52.33	9.97	55.83	0.71	52.05	0.28	0.54%	0.51%
M-05-03	0.88	0.61	52.56	10.11	56.62	0.71	52.26	0.30	0.57%	
M-06-01	0.88	0.61	52.02	9.95	55.72	0.71	52.22	-0.20	0.77%	
M-06-02	0.89	0.62	52.04	10.00	56.00	0.71	51.84	0.20	0.39%	0.73%
M-06-03	0.90	0.64	52.42	10.07	56.39	0.71	51.80	0.62	1.20%	

Tabla 21

Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 3/8"

Muestra	Diámetro Promedio (dm)	Sección (cm2)	Peso inicial (gr)	L. Promedio (cm)	Peso nominal (gr)	Sección Nominal (cm2)	Peso tras limpieza y secado	Diferencia de pesos	% Corrosión	% Corrosión promedio
	D	S0	W0	L	W	S	W1	$\Delta W = W0 - W1$	$\Delta W / W0 * 100$	ΔW
M-07-01	0.88	0.61	51.45	9.81	54.94	0.71	51.27	0.18	0.35%	
M-07-02	0.89	0.62	53.51	10.15	56.84	0.71	53.17	0.34	0.64%	0.39%
M-07-03	0.90	0.64	51.93	9.84	55.10	0.71	51.79	0.14	0.27%	
M-08-01	0.91	0.65	52.98	9.88	55.33	0.71	52.49	0.49	0.93%	
M-08-02	0.91	0.65	53.37	9.95	55.72	0.71	52.82	0.55	1.04%	0.94%
M-08-03	0.91	0.65	53.54	9.96	55.78	0.71	53.01	0.53	1.00%	
M-09-01	0.90	0.64	53.27	10.13	56.73	0.71	52.97	0.30	0.57%	
M-09-02	0.87	0.59	52.52	9.98	55.89	0.71	52.01	0.51	0.98%	0.71%
M-09-03	0.86	0.58	51.98	9.95	55.72	0.71	51.60	0.38	0.74%	
M-10-01	0.88	0.61	52.46	9.97	55.83	0.71	52.19	0.27	0.52%	
M-10-02	0.88	0.61	52.31	9.93	55.61	0.71	51.97	0.34	0.65%	0.53%
M-10-03	0.87	0.59	52.16	9.93	55.61	0.71	51.88	0.28	0.54%	
M-11-01	0.87	0.59	53.38	9.99	55.94	0.71	51.23	2.15	4.20%	
M-11-02	0.84	0.55	51.74	9.88	55.33	0.71	52.72	-0.98	2.61%	2.43%
M-11-03	0.87	0.59	53.63	9.99	55.94	0.71	53.06	0.57	1.07%	

Tabla 22

Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 1/2"

Muestra	D. Promedio (dm)	Sección (cm2)	Sección Nominal (cm2)	D. limp. Promedio (dm)	Sección limpieza (cm2)	Reducción de diámetro	% reducción de diámetro	% reduc. Promedio diámetro	% reducción de sección	% reduc. Promedio sección
	D	S0	S	D'	S'	CM	ΔD	ΔD	ΔA	ΔA
M-01-01	1.14	1.02	1.29	1.21	1.15	-0.07	-		-	
M-01-02	1.22	1.17	1.29	1.19	1.11	0.03	2.52%	2.51%	5.13%	5.09%
M-01-03	1.23	1.19	1.29	1.2	1.13	0.03	2.50%		5.04%	
M-02-01	1.21	1.15	1.29	1.2	1.13	0.01	0.83%		1.74%	
M-02-02	1.24	1.21	1.29	1.21	1.15	0.03	2.48%	1.94%	4.96%	3.94%
M-02-03	1.22	1.17	1.29	1.19	1.11	0.03	2.52%		5.13%	
M-03-01	1.23	1.19	1.29	1.2	1.13	0.03	2.50%		5.04%	
M-03-02	1.2	1.13	1.29	1.19	1.11	0.01	0.84%	1.11%	1.77%	2.27%
M-03-03	1.21	1.15	1.29	1.21	1.15	0	0.00%		0.00%	
M-04-01	1.22	1.17	1.29	1.19	1.11	0.03	2.52%		5.13%	
M-04-02	1.18	1.09	1.29	1.2	1.13	-0.02	-	2.09%	-	4.24%
M-04-03	1.23	1.19	1.29	1.21	1.15	0.02	1.65%		3.36%	

Nota. La tabla muestra los grados promedio de corrosión

Tabla 23

Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 1/2"

Muestra	D. Promedio (dm)	Sección (cm2)	Sección Nominal (cm2)	D. limp. Promedio (dm)	Sección limpieza (cm2)	Reducción de diámetro	% reducción de diámetro	% reduc. Promedio diámetro	% reducción de sección	% reduc. Promedio sección
	D	S0	S	D'	S'	CM	ΔD	ΔD	ΔA	ΔA
M-05-01	1.19	1.11	1.29	1.18	1.09	0.01	0.85%		1.80%	
M-05-02	1.2	1.13	1.29	1.19	1.11	0.01	0.84%	0.84%	1.77%	1.79%
M-05-03	1.16	1.06	1.29	1.2	1.13	-0.04	-		-	
M-06-01	1.24	1.21	1.29	1.18	1.09	0.06	5.08%		9.92%	
M-06-02	1.22	1.17	1.29	1.2	1.13	0.02	1.67%	3.09%	3.42%	6.15%
M-06-03	1.22	1.17	1.29	1.19	1.11	0.03	2.52%		5.13%	
M-07-01	1.22	1.17	1.29	1.18	1.09	0.04	3.39%		6.84%	
M-07-02	1.22	1.17	1.29	1.21	1.15	0.01	0.83%	3.11%	1.71%	5.93%
M-07-03	1.23	1.19	1.29	1.17	1.08	0.06	5.13%		9.24%	
M-08-01	1.23	1.19	1.29	1.19	1.11	0.04	3.36%		6.72%	
M-08-02	1.23	1.19	1.29	1.21	1.15	0.02	1.65%	2.51%	3.36%	5.04%
M-08-03	1.17	1.08	1.29	1.19	1.11	-0.02	-		-	

Tabla 24

Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 3/8"

Muestra	D. Promedio (dm)	Sección (cm2)	Sección Nominal (cm2)	D. limp. Promedio (dm)	Sección limpieza (cm2)	Reducción de diámetro	% reducción de diámetro	% reduc. Promedio diámetro	% reducción de sección	% reduc. Promedio sección
	D	S0	S	D'	S'	CM	ΔD	ΔD	ΔA	ΔA
M-01-01	0.86	0.58	0.71	0.83	0.54	0.03	3.61%		6.90%	
M-01-02	0.87	0.59	0.71	0.87	0.59	0	0.00%	3.67%	0.00%	6.25%
M-01-03	0.87	0.59	0.71	0.81	0.52	0.06	7.41%		11.86%	
M-02-01	0.89	0.62	0.71	0.82	0.53	0.07	8.54%		14.52%	
M-02-02	0.92	0.66	0.71	0.84	0.55	0.08	9.52%	8.83%	16.67%	15.60%
M-02-03	0.9	0.64	0.71	0.83	0.54	0.07	8.43%		15.63%	
M-03-01	0.89	0.62	0.71	0.85	0.57	0.04	4.71%		8.06%	
M-03-02	0.86	0.58	0.71	0.86	0.58	0	0.00%	4.01%	0.00%	7.06%
M-03-03	0.88	0.61	0.71	0.82	0.53	0.06	7.32%		13.11%	
M-04-01	0.92	0.66	0.71	0.82	0.53	0.1	12.20%		19.70%	
M-04-02	0.87	0.59	0.71	0.81	0.52	0.06	7.41%	9.83%	11.86%	15.90%
M-04-03	0.89	0.62	0.71	0.81	0.52	0.08	9.88%		16.13%	
M-05-01	0.89	0.62	0.71	0.79	0.49	0.1	12.66%		20.97%	
M-05-02	0.88	0.61	0.71	0.82	0.53	0.06	7.32%	9.10%	13.11%	15.73%
M-05-03	0.88	0.61	0.71	0.82	0.53	0.06	7.32%		13.11%	
M-06-01	0.88	0.61	0.71	0.78	0.48	0.1	12.82%		21.31%	
M-06-02	0.89	0.62	0.71	0.83	0.54	0.06	7.23%	9.94%	12.90%	17.13%
M-06-03	0.9	0.64	0.71	0.82	0.53	0.08	9.76%		17.19%	

Nota. La tabla muestra los grados promedio de corrosión

Tabla 25

Tabla de porcentaje de corrosión, acero diámetro de 3/8"

Muestra	D. Promedio (dm)	Sección (cm2)	Sección Nominal (cm2)	D. limp. Promedio (dm)	Sección limpieza (cm2)	Reducción de diámetro	% reducción de diámetro	% reduc. Promedio diámetro	% reducción de sección	% reduc. Promedio sección
	D	S0	S	D'	S'	CM	ΔD	ΔD	ΔA	ΔA
M-07-01	0.88	0.61	0.71	0.81	0.52	0.07	8.64%		14.75%	
M-07-02	0.89	0.62	0.71	0.82	0.53	0.07	8.54%	9.89%	14.52%	17.05%
M-07-03	0.9	0.64	0.71	0.8	0.5	0.1	12.50%		21.88%	
M-08-01	0.91	0.65	0.71	0.81	0.52	0.1	12.35%		20.00%	
M-08-02	0.91	0.65	0.71	0.82	0.53	0.09	10.98%	11.89%	18.46%	19.49%
M-08-03	0.91	0.65	0.71	0.81	0.52	0.1	12.35%		20.00%	
M-09-01	0.9	0.64	0.71	0.82	0.53	0.08	9.76%		17.19%	
M-09-02	0.87	0.59	0.71	0.8	0.5	0.07	8.75%	7.79%	15.25%	13.69%
M-09-03	0.86	0.58	0.71	0.82	0.53	0.04	4.88%		8.62%	
M-10-01	0.88	0.61	0.71	0.83	0.54	0.05	6.02%		11.48%	
M-10-02	0.88	0.61	0.71	0.82	0.53	0.06	7.32%	6.05%	13.11%	11.02%
M-10-03	0.87	0.59	0.71	0.83	0.54	0.04	4.82%		8.47%	
M-11-01	0.87	0.59	0.71	0.81	0.52	0.06	7.41%		11.86%	
M-11-02	0.84	0.55	0.71	0.8	0.5	0.04	5.00%	7.05%	9.09%	12.07%
M-11-03	0.87	0.59	0.71	0.8	0.5	0.07	8.75%		15.25%	

Seguidamente se realizó el análisis estadístico de los datos obtenidos.

8.3.1 Prueba *t* para aceros de diámetro 1/2"

Se ordena los datos en la siguiente tabla para los datos de acero de diámetro 1/2".

Tabla 26

Tabla de peso de muestras al inicio y final, acero diámetro de 1/2"

Número	Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)
n		Ai	Bi
1	M-01-01	94.40	94.25
2	M-01-02	94.67	94.56
3	M-01-03	95.73	95.51
4	M-02-01	93.33	92.43
5	M-02-02	92.65	95.92
6	M-02-03	96.10	93.16
7	M-03-01	93.89	93.77
8	M-03-02	92.67	92.56
9	M-03-03	93.67	93.54
10	M-04-01	92.35	92.67
11	M-04-02	93.72	92.10
12	M-04-03	93.06	93.39
13	M-05-01	90.42	89.81
14	M-05-02	93.39	92.96
15	M-05-03	94.14	93.66
16	M-06-01	92.54	92.20
17	M-06-02	94.66	94.24
18	M-06-03	94.04	93.63
19	M-07-01	93.78	93.31
20	M-07-02	94.08	93.66
21	M-07-03	92.16	91.80
22	M-08-01	94.85	94.32
23	M-08-02	94.86	94.45
24	M-08-03	91.64	91.33

Para determinar si los datos son estadísticamente significantes, se calculó el valor *t*, estadístico de prueba, para ello se usa las siguientes fórmulas, según el criterio de evaluación estadística “*t* student” para 2 grupos pareados.

$$t = \frac{\bar{D} - \mu_d}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}} \quad Ec. (24)$$

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum (Di - \bar{D})^2}{n - 1}} \quad Ec. (25)$$

$$\bar{D} = \frac{\sum Di}{n} \quad Ec. (26)$$

$$H_0: \mu_d = 0 \quad H_1: \mu_d \neq 0$$

Donde:

t: estadístico de prueba

D: promedio de la diferencia

μ_d : valor teórico de la diferencia = 0

S_D : Desviación estándar

n: Número de elementos evaluados

H_0 : Hipótesis nula

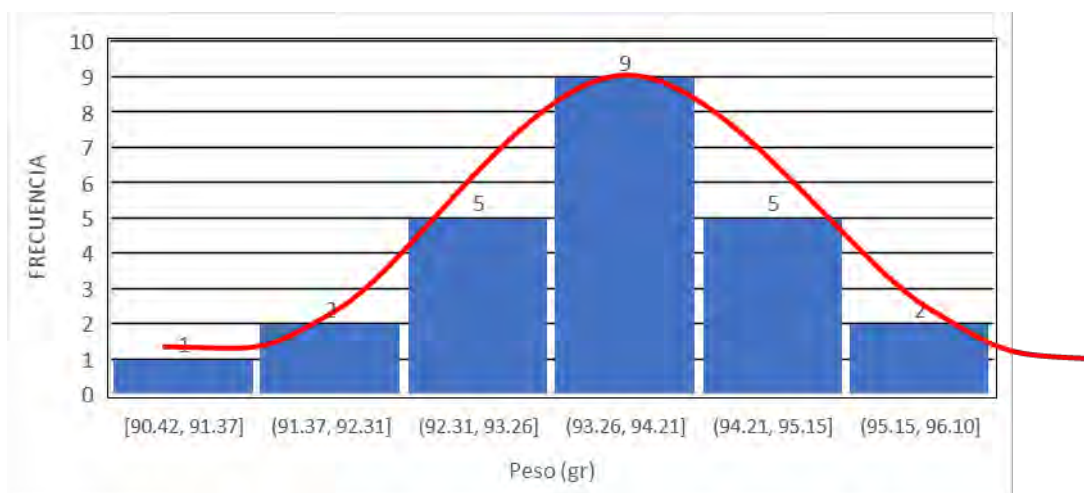
H_1 : Hipótesis alternativa

Para aceptar o rechazar la evaluación nuestra hipótesis Nula $H_0 = 0$, se interpreta que la diferencia de pesos antes y después de limpiar el óxido no son significativos, es decir son mínimos, caso contrario la hipótesis alternativa $H_1 \neq 0$, se interpreta que la diferencia de pesos antes y después de limpiar el óxido son significativos, es decir que hay una diferencia considerable entre ellos.

Se debe verificar que los datos tengan una distribución normal. Para ello se grafica un histograma, el cual debe describir una curva de Gauss, propio de una distribución, a continuación, se muestra los histogramas

Figura 38

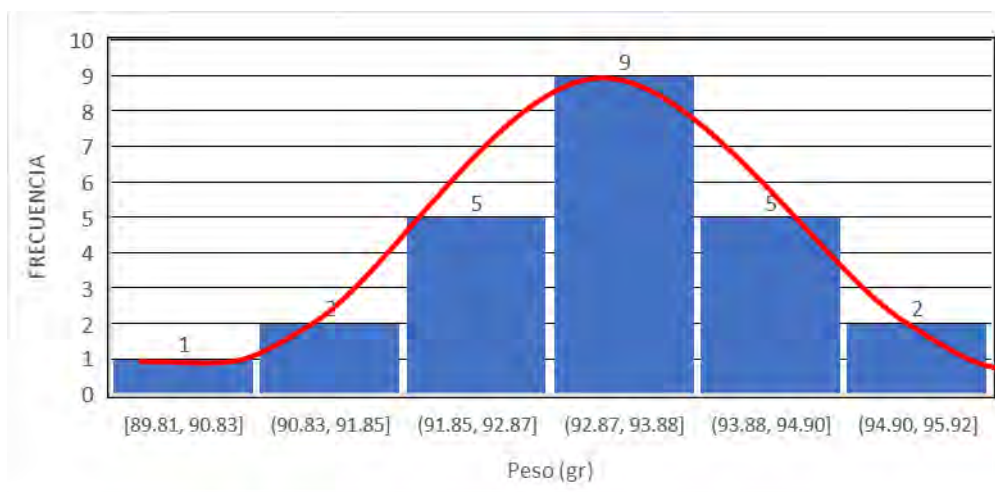
Histograma - Peso Inicial para acero 1/2" - distribución normal



Nota. La figura muestra la distribución normal de los datos recolectados

Figura 39

Histograma - Peso Después de limpiado y secado para acero 1/2" - distribución normal



Nota. La figura muestra la distribución normal de los datos recolectados

Se verifica que los datos de cada grupo forman una campana de Gauss, propio de una distribución normal de datos, por consiguiente, se procede a realizar la prueba t, para verificar si los datos son significativamente diferentes.

Tabla 27

Tabla de peso de muestras al inicio y final, acero diámetro de 1/2"

Número	Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Diferencia de pesos (gr)		
n		Ai	Bi	Di = Ai – Bi	Di – D	(Di – D) ²
1	M-01-01	94.40	94.25	0.15	-0.17	0.0274
2	M-01-02	94.67	94.56	0.11	-0.21	0.0422
3	M-01-03	95.73	95.51	0.22	-0.10	0.0091
4	M-02-01	93.33	92.43	0.90	0.58	0.3417
5	M-02-02	92.65	95.92	-3.27	-3.59	12.8552
6	M-02-03	96.10	93.16	2.94	2.62	6.8884
7	M-03-01	93.89	93.77	0.12	-0.20	0.0382
8	M-03-02	92.67	92.56	0.11	-0.21	0.0422
9	M-03-03	93.67	93.54	0.13	-0.19	0.0344
10	M-04-01	92.35	92.67	-0.32	-0.64	0.4038
11	M-04-02	93.72	92.10	1.62	1.30	1.7019
12	M-04-03	93.06	93.39	-0.33	-0.65	0.4166
13	M-05-01	90.42	89.81	0.61	0.29	0.0868
14	M-05-02	93.39	92.96	0.43	0.11	0.0131
15	M-05-03	94.14	93.66	0.48	0.16	0.0271
16	M-06-01	92.54	92.20	0.34	0.02	0.0006
17	M-06-02	94.66	94.24	0.42	0.10	0.0109
18	M-06-03	94.04	93.63	0.41	0.09	0.0089
19	M-07-01	93.78	93.31	0.47	0.15	0.0239
20	M-07-02	94.08	93.66	0.42	0.10	0.0109
21	M-07-03	92.16	91.80	0.36	0.04	0.0020
22	M-08-01	94.85	94.32	0.53	0.21	0.0460
23	M-08-02	94.86	94.45	0.41	0.09	0.0089
24	M-08-03	91.64	91.33	0.31	-0.01	0.0000
		93.62	93.30	0.32		23.04

Nota. Datos procesados para calcular la desviación estándar

Se calcula el valor de la desviación estándar

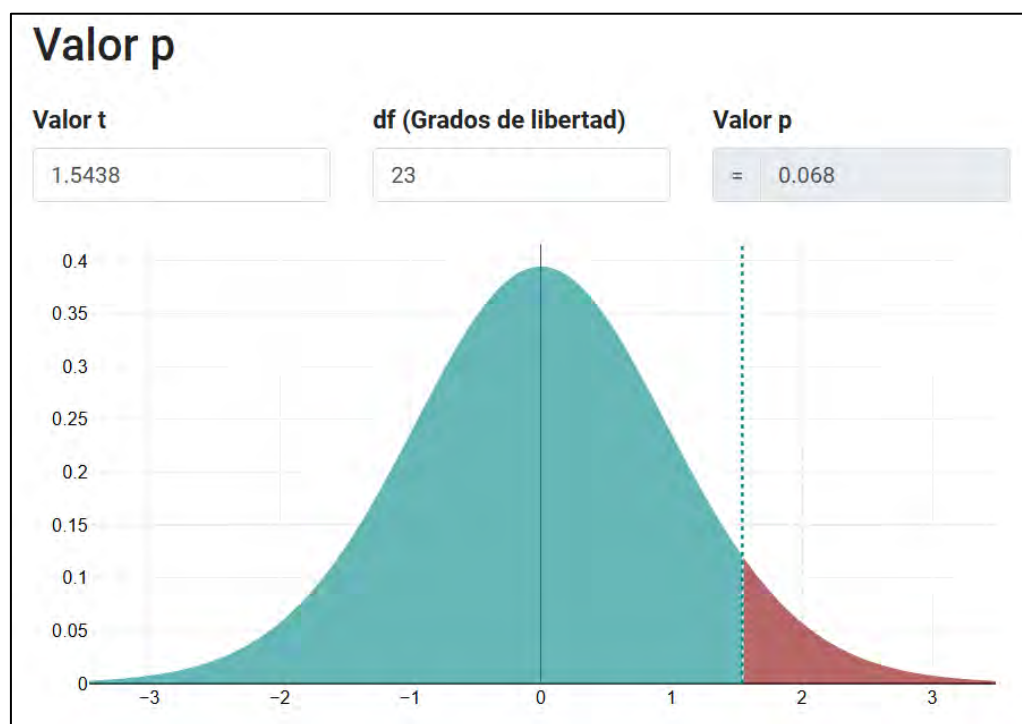
$$s_D = \sqrt{\frac{\sum (Di - \bar{D})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{23.04}{24 - 1}} = 1.0009$$

$$t = \frac{\bar{D} - \mu_d}{s_D / \sqrt{n}} = \frac{0.32 - 0}{1.0009 / \sqrt{24}} = 1.5439$$

Con el valor de “t”, se obtiene el valor de “p”, según tablas distribución t student

Figura 40

Valor p - para datos de acero 1/2



Nota. Se muestra la gráfica de distribución, resaltando el punto crítico

Si $p < \alpha$ se rechaza la hipótesis nula, donde $\alpha = 0.05$

Para el presente caso $p > \alpha$; $0.068 > 0.05$

Se concluye que la diferencia de pesos antes y después del limpiado son poco significantes estadísticamente

8.3.2 Prueba *t* para aceros de diámetro 3/8"

Se ordena los datos en la siguiente tabla para los datos de acero de diámetro 3/8"

Tabla 28

Tabla de peso de muestras al inicio y final, acero diámetro de 3/8"

Número	Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)
n		Ai	Bi
1	M-01-01	54.14	53.58
2	M-01-02	52.86	51.84
3	M-01-03	52.74	51.75
4	M-02-01	51.19	51.71
5	M-02-02	54.99	54.64
6	M-02-03	51.92	50.97
7	M-03-01	54.23	53.97
8	M-03-02	52.00	51.80
9	M-03-03	52.43	52.22
10	M-04-01	49.46	49.01
11	M-04-02	52.92	52.73
12	M-04-03	52.43	52.23
13	M-05-01	52.46	52.18
14	M-05-02	52.33	52.05
15	M-05-03	52.56	52.26
16	M-06-01	52.02	52.22
17	M-06-02	52.04	51.84
18	M-06-03	52.42	51.80
19	M-07-01	51.45	51.27
20	M-07-02	53.51	53.17
21	M-07-03	51.93	51.79
22	M-08-01	52.98	52.49
23	M-08-02	53.37	52.82
24	M-08-03	53.54	53.01
25	M-09-01	53.27	52.97
26	M-09-02	52.52	52.01
27	M-09-03	51.98	51.60
28	M-10-01	52.46	52.19
29	M-10-02	52.31	51.97
30	M-10-03	52.16	51.88
31	M-11-01	53.38	51.23
32	M-11-02	51.74	52.72
33	M-11-03	53.63	53.06

Para determinar si los datos son estadísticamente significantes, se calcular el valor t , estadístico de prueba, para ello se usa las siguientes fórmulas, según el criterio de evaluación estadística “t student” para 2 grupos pareados

$$t = \frac{\bar{D} - \mu_d}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}} \quad Ec. (27)$$

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum (Di - \bar{D})^2}{n - 1}} \quad Ec. (28)$$

$$\bar{D} = \frac{\sum Di}{n} \quad Ec. (29)$$

$$H_0: \mu_d = 0 \quad H_1: \mu_d \neq 0$$

Donde:

t : estadístico de prueba

D : promedio de la diferencia

μ_d : valor teórico de la diferencia = 0

S_D : Desviación estándar

n : Número de elementos evaluados

H_0 : Hipótesis nula

H_1 : Hipótesis alternativa

Para aceptar o rechazar la evaluación nuestra hipótesis Nula $H_0 = 0$, se interpreta que la diferencia de pesos antes y después de limpiar el óxido no son significativos, es decir son mínimos, caso contrario la hipótesis alternativa $H_1 \neq 0$, se interpreta que la

diferencia de pesos antes y después de limpiar el óxido son significativos, es decir que hay una diferencia considerable entre ellos.

Se debe verificar que los datos tengan una distribución normal. Para ello se grafica un histograma, el cual debe describir una curva de Gauss, propio de una distribución, a continuación, se muestra los histogramas

Figura 41

Histograma - Peso Inicial para acero 3/8" - distribución normal

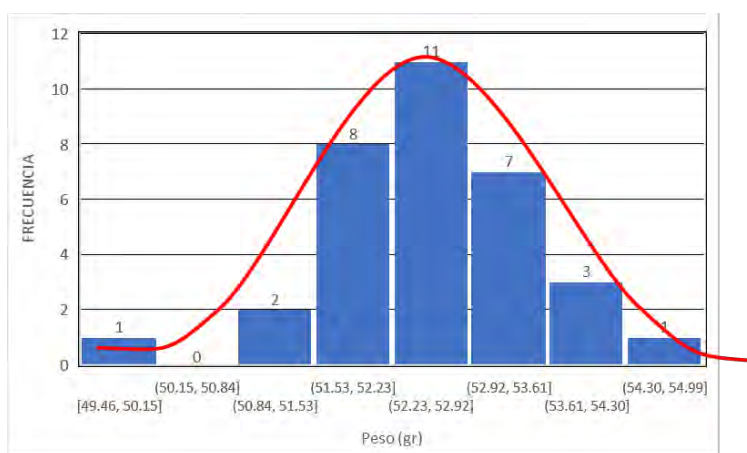
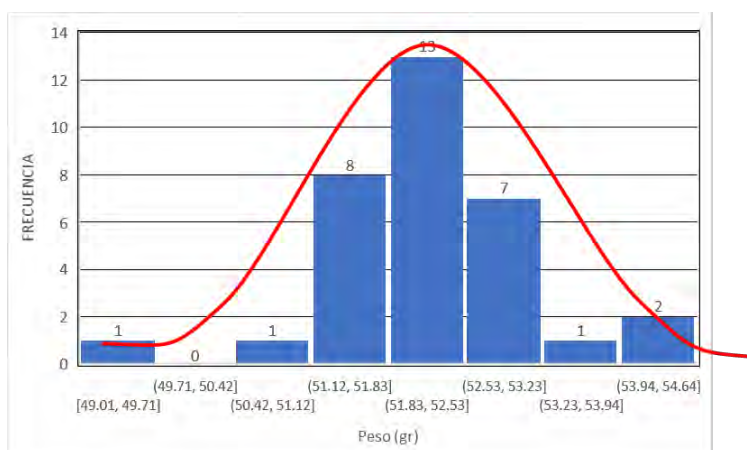


Figura 42

Histograma – Peso Después de limpieza y secado para acero 3/8" - distribución normal



Se verifica que los datos de cada grupo forman una campana de Gauss, propio de una distribución normal de datos, por consiguiente, se procede a realizar la prueba t, para verificar si los datos son significativamente diferentes.

Tabla 29*Tabla de peso de muestras al inicio y final, acero diámetro de 3/8"*

Número	Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Diferencia de pesos (gr)		
n		Ai	Bi	Di = Ai - Bi	Di - D	(Di - D) ²
1	M-01-01	54.14	53.58	0.56	0.18	0.0341
2	M-01-02	52.86	51.84	1.02	0.64	0.4154
3	M-01-03	52.74	51.75	0.99	0.61	0.3777
4	M-02-01	51.19	51.71	-0.52	-0.90	0.8018
5	M-02-02	54.99	54.64	0.35	-0.03	0.0006
6	M-02-03	51.92	50.97	0.95	0.57	0.3301
7	M-03-01	54.23	53.97	0.26	-0.12	0.0133
8	M-03-02	52.00	51.80	0.20	-0.18	0.0308
9	M-03-03	52.43	52.22	0.21	-0.17	0.0274
10	M-04-01	49.46	49.01	0.45	0.07	0.0056
11	M-04-02	52.92	52.73	0.19	-0.19	0.0344
12	M-04-03	52.43	52.23	0.20	-0.18	0.0308
13	M-05-01	52.46	52.18	0.28	-0.10	0.0091
14	M-05-02	52.33	52.05	0.28	-0.10	0.0091
15	M-05-03	52.56	52.26	0.30	-0.08	0.0057
16	M-06-01	52.02	52.22	-0.20	-0.58	0.3311
17	M-06-02	52.04	51.84	0.20	-0.18	0.0308
18	M-06-03	52.42	51.80	0.62	0.24	0.0598
19	M-07-01	51.45	51.27	0.18	-0.20	0.0382
20	M-07-02	53.51	53.17	0.34	-0.04	0.0013
21	M-07-03	51.93	51.79	0.14	-0.24	0.0554
22	M-08-01	52.98	52.49	0.49	0.11	0.0131
23	M-08-02	53.37	52.82	0.55	0.17	0.0305
24	M-08-03	53.54	53.01	0.53	0.15	0.0239
25	M-09-01	53.27	52.97	0.30	-0.08	0.0057
26	M-09-02	52.52	52.01	0.51	0.13	0.0181
27	M-09-03	51.98	51.60	0.38	0.00	0.0000
28	M-10-01	52.46	52.19	0.27	-0.11	0.0111
29	M-10-02	52.31	51.97	0.34	-0.04	0.0013
30	M-10-03	52.16	51.88	0.28	-0.10	0.0091
31	M-11-01	53.38	51.23	2.15	1.77	3.1490
32	M-11-02	51.74	52.72	-0.98	-1.36	1.8373
33	M-11-03	53.63	53.06	0.57	0.19	0.0378
		52.59	52.21	0.38		7.78

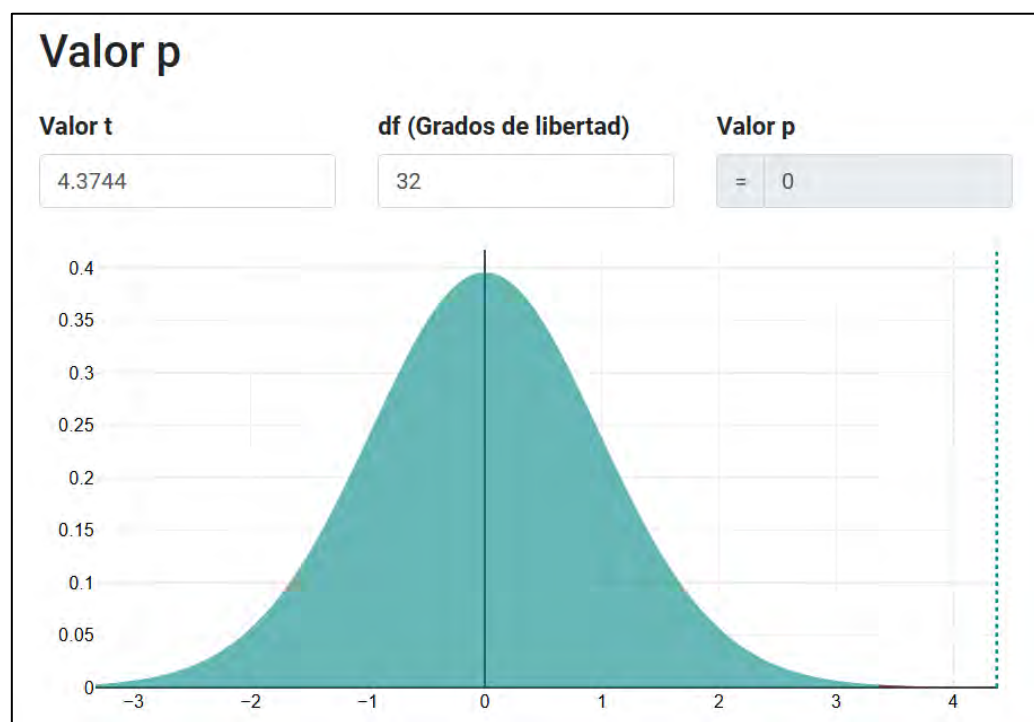
$$s_D = \sqrt{\frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{7.78}{33 - 1}} = 0.4931$$

$$t = \frac{\bar{D} - \mu_d}{s_D / \sqrt{n}} = \frac{0.38 - 0}{0.4931 / \sqrt{33}} = 4.3744$$

Con el valor de “t”, se obtiene el valor de “p”, según tablas distribución t student

Figura 43

Valor p - para aceros de diámetro 3/8"



Nota. Se muestra la gráfica de distribución, resaltando el punto critico

Si $p < \alpha$ se rechaza la hipótesis nula, donde $\alpha = 0.05$

Para el presente caso $p < \alpha$; $0.000061 < 0.05$

Se concluye que la diferencia de pesos antes y después del limpiado son significantes estadísticamente

Decisión

Para el presente estudio, debido a la evaluación realizada con la prueba t, se evaluó aceros de diámetros 3/8” puesto que la variación de pesos es significativamente diferente estadísticamente hablando, es decir, que los valores son bastante diferentes y podían afectar su comportamiento en las estructuras.

8.4 Diseño de mezclas

8.4.1 Muestreo de los agregados

8.4.1.1 Muestreo del agregado fino

Se realiza el muestreo del agregado fino con el objetivo de seleccionar una muestra representativa, según lo indicado por la NTP.

Los equipos utilizados en la prueba:

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| - Balanza | - Flexómetro |
| - Brocha | - Recipientes metálicos |
| - Cucharon metálico | - Varilla metálica |

Para el procedimiento:

- a) Se coloca el material en una superficie plana y limpia
- b) Para extraer una muestra representativa, se mezcló el agregado con una pala hasta formar una pila cónica, la cual luego se aplanó para conseguir un diámetro uniforme.
- c) Con la varilla de metal se divide la muestra en cuatro partes.
- d) Una vez dividida, se eligen dos partes diagonalmente y se descartan las otras restantes.

- e) Se mezcla de nuevo la muestra elegida y se realiza el peso, obteniéndose un peso de 15 kg.

8.4.1.1.1 Muestreo del agregado grueso

Se realiza el muestreo del agregado grueso con el objetivo de determinar una muestra representativa del agregado y conseguir la cantidad de muestra según lo indica la NTP (2015).

Los equipos empleados en la prueba:

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| - Balanza | - Flexómetro |
| - Brocha | - Recipientes metálicos |
| - Cucharon metálico | - Varilla metálica |

Para el procedimiento:

- Se inició utilizando 70 kg de agregado grueso para llevar a cabo el muestreo.
- Luego, con la regla de madera, la muestra de agregado se divide en cuatro partes iguales de forma diagonal.
- Después de dividir la muestra, se seleccionan las dos secciones opuestas diagonalmente que sean más similares, mientras que las otras dos se descartan.
- Se mezcla de nuevo la muestra elegida y se realiza el peso, obteniéndose un peso de 15 kg.

8.4.1.2 Muestreo de granulometría de los agregados

8.4.1.2.1 Análisis granulométrico del agregado grueso

El análisis granulométrico del agregado grueso, conforme a la normativa, consiste en un proceso de tamizado destinado a identificar cómo se distribuyen los tamaños de sus

partículas. De acuerdo con la NTP 400.012, el procedimiento habitual considera pesar previamente una muestra seca y hacerla pasar por una serie de tamices con aberturas progresivamente menores para determinar la cantidad de material retenido en cada uno. Con estos datos se calculan los porcentajes retenidos acumulados y los porcentajes que pasan por cada tamiz, información que permite elaborar la curva granulométrica y comprobar si el agregado cumple con los criterios establecidos en las especificaciones correspondientes (Instituto Nacional de Calidad, 2021).

Los equipos empleados en la prueba:

- Balanza
- Flexómetro
- Brocha
- Recipientes metálicos
- Cucharon metálico
- Varilla metálica

Figura 44

Granulometría del agregado grueso



Nota. La figura muestra el agregado grueso tamizado y separado según el tamiz retenido

8.4.1.2.2 *Análisis granulométrico del agregado fino*

El objetivo del análisis es evaluar la granulometría del agregado fino mediante un análisis por tamizado, empleando una serie de tamices normalizados dispuestos en orden decreciente de abertura de malla, así como determinar el módulo de fineza del agregado fino y comprobar si sus valores se ajustan a los rangos límite establecidos por la normativa vigente.

Los equipos empleados:

- Balanza con sensibilidad de 0.1gr.
- Cucharon metálico
- Escobillón metálico
- Serie de tamices: 4.76 mm (N° 4), 2.36 mm (N° 8), 1.19 mm (N° 16), 0.60 mm (N° 30), 0.30 mm (N° 50), 0.15 mm (N° 100) y 0.07 mm (N° 200).

De acuerdo con lo establecido en la norma NTP 400.012 (2021), para el análisis granulométrico del agregado fino, se puede emplear una muestra mínima de 300 g, previamente lavada y secada. Para este procedimiento, se seleccionó una muestra representativa mediante el método de cuarteo, tomando 569.03 g de agregado fino proveniente de la cantera de Ayaviri. Estas muestras fueron colocadas en un horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta alcanzar una condición de masa constante (muestra seca).

Una vez secas, las muestras fueron sometidas a análisis granulométrico utilizando una serie de tamices normalizados dispuestos en orden descendente: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y fondo. La muestra fue colocada sobre el conjunto de tamices apilados y se procedió a su tamizado manual.

Finalizado el tamizado, se retiró el conjunto de tamices y se realizó el pesado del material retenido en cada uno de ellos, incluyendo el material acumulado en el fondo. Finalmente, se registraron los pesos retenidos por cada malla para el análisis de la distribución granulométrica.

Figura 45

Granulometría del agregado fino



Nota. La figura muestra el agregado fino tamizado y separado según el tamiz retenido

8.4.2 *Peso unitario del agregado fino y agregado grueso*

8.4.2.1 *Peso unitario del agregado grueso*

Figura 46

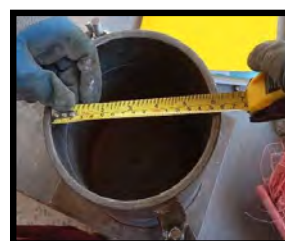
Datos del molde - ensayo de peso unitario de agregado grueso

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE AGREGADOS

AGREGADO GRUESO

Datos del Molde

Peso del Molde		
PM	7.85	kg
Dimensiones del Molde		
D	15	cm
h	16.5	cm
Volumen		
V	2915.79	cm ³
V	0.00292	m ³



Nota. La figura muestra los datos iniciales del molde a utilizar en el ensayo

8.4.2.1.1 *Peso Unitario suelto del agregado grueso*

Tabla 30

Peso de Molde más agregado suelto – Peso Unitario de agregado grueso

Peso del Molde + Agregado Grueso		
PM+A.G. 1	11.85	kg
PM+A.G. 2	11.75	kg
PM+A.G. 3	11.8	kg
Peso M + AG promedio		
PM+A.G.	11.8	kg

Nota. Datos recolectados de los ensayos

$$P.U. \text{ Suelto} = \frac{(\text{Peso del Molde} + \text{Agregado grueso suelto}) - \text{Peso del Molde}}{\text{Volumen del Molde}} \quad (\text{Ec. 30})$$

$$P.U. \text{ Suelto} = \frac{11.8 \text{ kg} - 7.85 \text{ kg}}{0.00292 \text{ m}^3}$$

$$P.U. \text{ Suelto} = \frac{3.95 \text{ kg}}{0.00292 \text{ m}^3}$$

$$P.U. \text{ Suelto} = 1354.69 \text{ kg/m}^3$$

8.4.2.1.2 *Peso Unitario compactado del agregado grueso*

Tabla 31

Peso de Molde más agregado compactado – Peso Unitario de agregado grueso

Peso del Molde + Agregado Grueso		
PM+A.G. 1	12.2	kg
PM+A.G. 2	12.35	kg
PM+A.G. 3	12.3	kg
Peso M + AG promedio		
PM+A.G.	12.28	kg

Nota. Datos recolectados de los ensayos

$$P.U. \text{ Suelto} = \frac{(\text{Peso del Molde} + \text{Agregado grueso compactado}) - \text{Peso del Molde}}{\text{Volumen del Molde}} \text{ Ec. (31)}$$

$$P.U. \text{ Suelto} = \frac{12.28 \text{ kg} - 7.85 \text{ kg}}{0.00292 \text{ m}^3}$$

$$P.U. \text{ Suelto} = \frac{4.43 \text{ kg}}{0.00292 \text{ m}^3}$$

$$P.U. \text{ Suelto} = 1520.46 \text{ kg/m}^3$$

8.4.2.1.3 *Porcentaje de vacíos del agregado grueso*

$$\%Vacios = \frac{\text{Peso A.G. compactado} - \text{Peso A.G. suelto}}{\text{Peso A.G. compactado}} \times 100\% \quad \text{Ec. (32)}$$

$$\%Vacios = \frac{4.43 \text{ kg} - 3.35 \text{ kg}}{4.43 \text{ kg}} \times 100\%$$

$$\%Vacios = 10.90 \%$$

8.4.2.2 *Peso unitario del agregado fino*

Figura 47

Datos del molde - ensayo de peso unitario de agregado fino

AGREGADO FINO		
Datos del Molde		
Peso del Molde		
PM	4.2	kg
Dimensiones del Molde		
D	10	cm
h	11.5	cm
Volumen		
V	903.21	cm ³
V	0.00090	m ³





Nota. La figura muestra los datos iniciales del molde a utilizar en el ensayo

8.4.2.2.1 *Peso unitario suelto del agregado fino*

Tabla 32

Peso de Molde más agregado suelto – Peso Unitario de agregado fino

Peso del Molde + Agregado Fino		
PM+A.F. 1	5.7	kg
PM+A.F. 2	5.65	kg
PM+A.F. 3	5.6	kg
Peso M + AF promedio		
PM+A.F.	5.65	kg

Nota. Datos recolectados de los ensayos

$$P.U. \text{ Suelto} = \frac{(\text{Peso del Molde} + \text{Agregado fino suelto}) - \text{Peso del Molde}}{\text{Volumen del Molde}} \text{ Ec. (33)}$$

$$P.U. \text{ Suelto} = \frac{5.65 \text{ kg} - 4.20 \text{ kg}}{0.00090 \text{ m}^3}$$

$$P.U. \text{ Suelto} = \frac{1.45 \text{ kg}}{0.00090 \text{ m}^3}$$

$$P.U. \text{ Suelto} = 1605.39 \text{ kg/m}^3$$

8.4.2.2.2 *Peso unitario compactado del agregado fino*

Tabla 33

Peso de Molde más agregado compactado – Peso Unitario de agregado fino

Peso del Molde + Agregado Fino		
PM+A.F. 1	5.75	kg
PM+A.F. 2	5.7	kg
PM+A.F. 3	5.75	kg
Peso M + AF promedio		
PM+A.F.	5.73	kg

Nota. Datos recolectados de los ensayos

$$P.U. \text{ Suelto} = \frac{(\text{Peso del Molde} + \text{Agregado fino compactado}) - \text{Peso del Molde}}{\text{Volumen del Molde}} \text{ Ec. (34)}$$

$$P.U. \text{ Suelto} = \frac{5.73 \text{ kg} - 4.20 \text{ kg}}{0.00090 \text{ m}^3}$$

$$P.U. \text{ Suelto} = \frac{1.53 \text{ kg}}{0.00090 \text{ m}^3}$$

$$P.U. \text{ Suelto} = 1697.65 \text{ kg/m}^3$$

8.4.2.2.3 *Porcentaje de vacíos del agregado fino*

$$\%Vacios = \frac{\text{Peso A.F. compactado} - \text{Peso A.F. suelto}}{\text{Peso A.F. compactado}} \times 100\% \quad \text{Ec. (35)}$$

$$\%Vacios = \frac{1.53 \text{ kg} - 1.45 \text{ kg}}{1.53 \text{ kg}} \times 100\%$$

$$\%Vacios = 5.43 \%$$

8.4.3 *Peso específico y absorción del agregado fino y agregado grueso*

8.4.3.1 *Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso*

Figura 48

Datos de la canastilla y recipientes - Ensayo de absorción agregado grueso

AGREGADO GRUESO

Datos

Peso canastilla sumergida		
PC Sumergida	909.8	gr
Peso canastilla + agregado		
PC+A.G.	2154.8	gr
Peso Posillo		
PP	160.64	gr
Peso Posillo + Agregado Grueso Saturado		
PP + AG	2180.45	gr
Peso Posillo + Agregado Grueso Seco		
PP + AG seco	2140.47	gr



Nota. La figura muestra los datos iniciales para el desarrollo del ensayo e imágenes del proceso

8.4.3.1.1 *Peso específico del agregado grueso*

$$S = (PP + AG) - PP \quad \text{Ec. (36)}$$

$$A = (PP + AG \text{ seco}) - PP \quad \text{Ec. (37)}$$

$$B = PC \text{ Sumergida} \quad \text{Ec. (38)}$$

$$C = (PC + A. G.) \quad \text{Ec. (39)}$$

Tabla 34*Pesos de las muestras en diferentes condiciones - ensayo de absorción agregado grueso*

Peso muestra saturada superficie seca	S	2019.81	gr
Peso muestra seca (24 horas en horno)	A	1979.83	gr
Peso canastilla sumergida	B	909.8	gr
Peso canastilla + muestra sumergidos	C	2154.8	gr

Nota. Datos recolectados de los ensayos**8.4.3.1.1.1 *Peso específico (P.E.)***

$$P.E. = \frac{S}{B + S - C} \quad Ec. (40)$$

$$P.E. = \frac{2019.81}{909.8 + 2019.81 - 2154.8}$$

$$P.E. = 2.607 \text{ gr} / \text{cm}^3$$

8.4.3.1.1.2 *Peso específico aparente (P.E.A.)*

$$P.E.A. = \frac{A}{B + S - C} \quad Ec. (41)$$

$$P.E.A. = \frac{1979.83}{909.8 + 2019.81 - 2154.8}$$

$$P.E.A. = 2.555 \text{ gr} / \text{cm}^3$$

8.4.3.1.1.3 *Peso específico nominal (P.E.N.)*

$$P.E.N. = \frac{A}{B + A - C} \quad Ec. (42)$$

$$P.E.N. = \frac{1979.83}{909.8 + 1979.83 - 2154.8}$$

$$P.E.N. = 2.694 \text{ gr} / \text{cm}^3$$

8.4.3.1.2 Porcentaje de absorción del agregado grueso

$$\% \text{absorción} = \frac{A - S}{A} \times 100\% \quad \text{Ec. (43)}$$

$$\% \text{absorción} = \frac{1979.83 - 2019.81}{1979.83} \times 100\%$$

$$\% \text{absorción} = 2.02\%$$

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino

Figura 49

Datos del matraz y recipientes - Ensayo de absorción agregado fino

AGREGADO FINO

Datos

Peso Matraz		
PM	194.98	gr
Peso Agregado		
P A.F.	471.7	gr
Peso Agregado + Matraz + agua		
PAF+PM+agua	984.71	gr
Peso Posillo		
PP	188.94	gr
Peso Posillo + Agregado Fino		
PP + AF	660.64	gr
Peso Posillo + Agregado Fino Seco		
PP + AF seco	649.23	gr



Nota. La figura muestra los datos iniciales para el desarrollo del ensayo e imágenes del proceso

8.4.3.1.3 Peso específico del agregado fino

$$S = P \text{ A. F.} \quad \text{Ec. (44)}$$

$$A = (PP + AF \text{ seco}) - PP \quad \text{Ec. (45)}$$

$$B = PM + 500 \text{ gr} \quad \text{Ec. (46)}$$

$$C = (PAF + PM + \text{agua}) \quad \text{Ec. (47)}$$

Tabla 35

Pesos de las muestras en diferentes condiciones - ensayo de absorción agregado fino

Peso muestra saturada superficie seca	S	471.7	gr
Peso muestra seca (24 horas en horno)	A	460.29	gr
Peso matraz + agua	B	694.98	gr
Peso matraz + agua + muestra	C	984.71	gr

Nota. Datos recolectados de los ensayos

8.4.3.1.3.1 *Peso específico (P.E.)*

$$P.E. = \frac{S}{B + S - C} \quad \text{Ec. (48)}$$

$$P.E. = \frac{471.7}{694.98 + 471.7 - 984.71}$$

$$P.E. = 2.592 \text{ gr} / \text{cm}^3$$

8.4.3.1.3.2 *Peso específico aparente (P.E.A.)*

$$P.E.A. = \frac{A}{B + S - C} \quad \text{Ec. (49)}$$

$$P.E.A. = \frac{460.29}{694.98 + 471.7 - 984.71}$$

$$P.E.A. = 2.529 \text{ gr} / \text{cm}^3$$

8.4.3.1.3.3 *Peso específico nominal (P.E.N.)*

$$P.E.N. = \frac{A}{B + A - C} \quad \text{Ec. (50)}$$

$$P.E.N. = \frac{460.29}{694.98 + 460.29 - 984.71}$$

$$P.E.N. = 2.699 \text{ gr} / \text{cm}^3$$

8.4.3.1.4 Porcentaje de absorción del agregado grueso

$$\% \text{absorción} = \frac{A - S}{A} \times 100\% \quad \text{Ec. (51)}$$

$$\% \text{absorción} = \frac{460.29 - 471.7}{460.29} \times 100\%$$

$$\% \text{absorción} = 2.48\%$$

8.4.4 Contenido de humedad de agregado fino y agregado grueso

Tabla 36

Datos de ensayo de contenido de humedad del agregado

	Cápsula	Vacío (gr)	Con agregado mojado (gr)	Con agregado seco (gr)
Agregado Grueso	G-1	58.76	200.24	200.09
	G-2	57.55	223.4	223.23
	G-3	64.24	223.01	222.82
Agregado Fino	F-1	21.35	111.87	108.67
	F-2	22.09	110.43	107.36
	F-3	21.53	111.52	107.51

Nota. Datos recolectados de los ensayos

$$\% \text{humedad} = \frac{P_w - P_s}{P_s} \times 100\% \quad \text{Ec. (52)}$$

Tabla 37*Porcentaje de humedad*

		Agregado mojado	Agregado seco	% Humedad
Cápsula		(gr) (Pw)	(gr) (Ps)	
Agregado Grueso	G-1	141.48	141.33	0.11%
	G-2	165.85	165.68	0.10%
	G-3	158.77	158.58	0.12%
Agregado Fino	F-1	90.52	87.32	3.66%
	F-2	88.34	85.27	3.60%
	F-3	89.99	85.98	4.66%

Nota. Datos recolectados de los ensayos**Tabla 38***Porcentaje de humedad promedio*

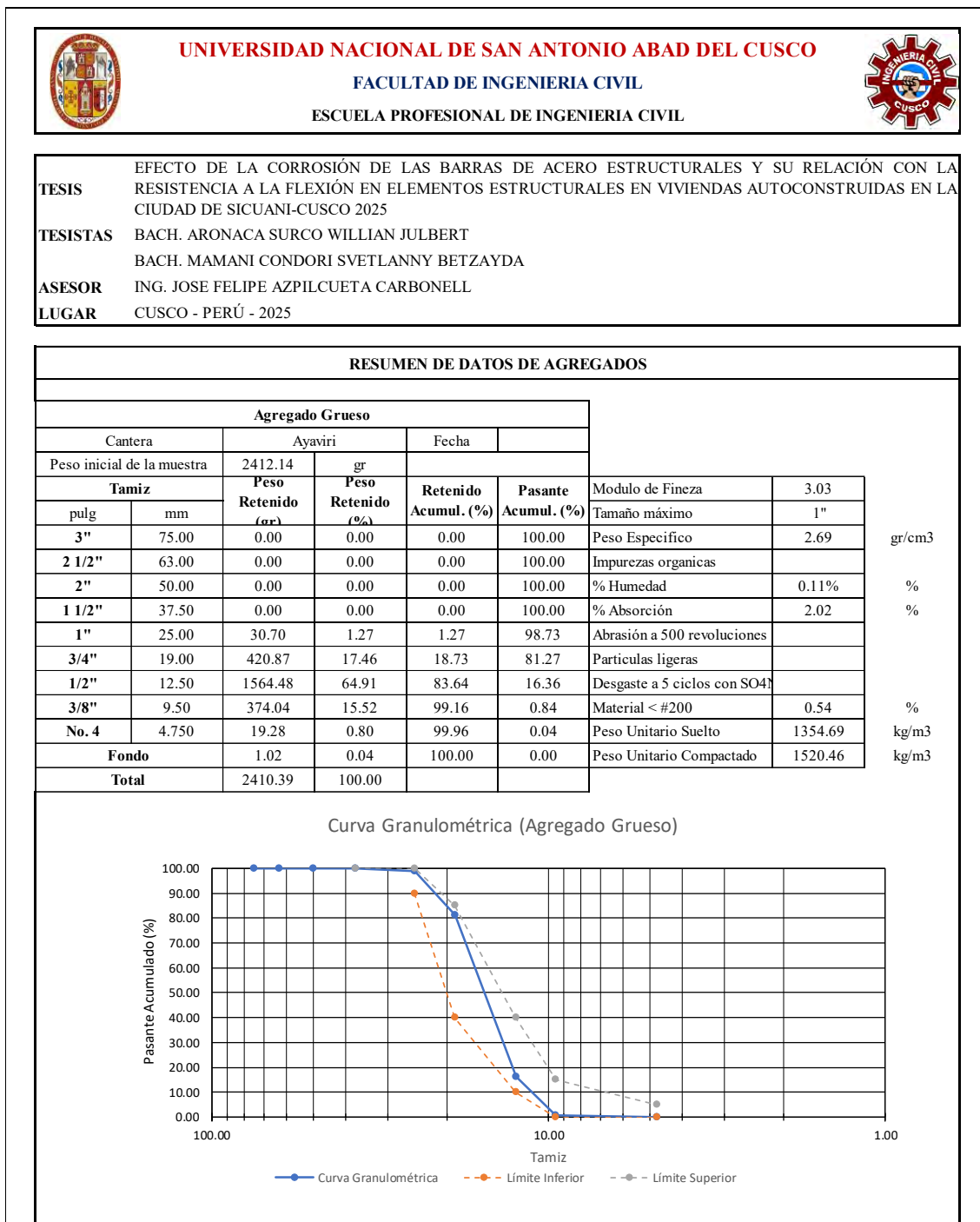
%Humedad promedio	
Agregado Grueso	0.11%
Agregado Fino	3.98%

Nota. Resultados de humedad promedio

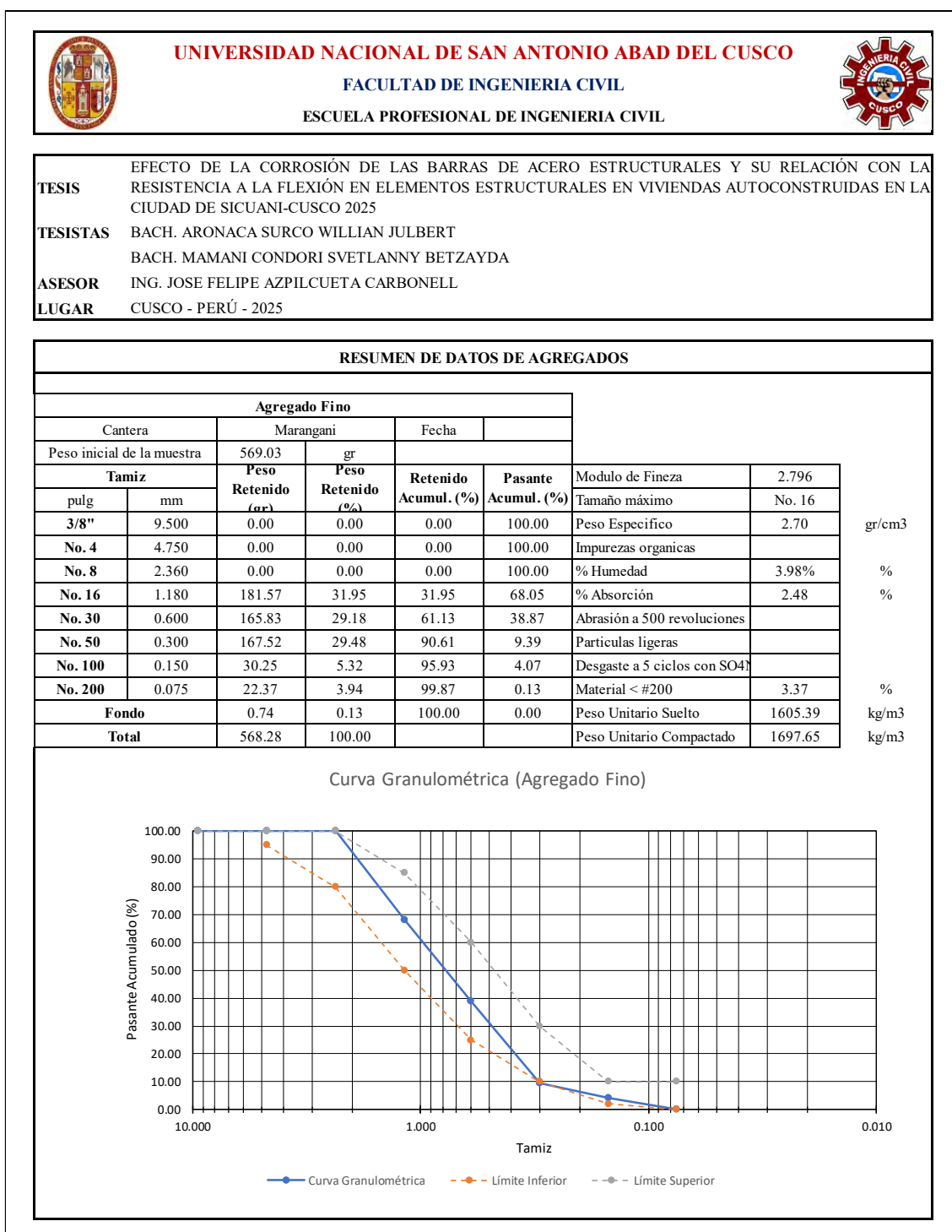
8.4.5 Resumen de datos agregados

Figura 50

Resumen de ensayos de agregado grueso



Nota. Resumen de datos del agregado grueso

Figura 51*Resumen de ensayos de agregado fino**Nota. Resumen de datos del agregado fino*

8.4.6 Elaboración de probetas cilíndricas para evaluación del diseño de mezclas

Para el diseño se requiere que la resistencia del concreto alcance un valor de 210 kg/cm², para ello utilizamos la siguiente tabla

Tabla 39

f'cr cuando no se tiene la desviación estándar

f'cr especificado (kg/cm2)	f'c (kg/cm2)
Menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
Mayor de 350	f'c + 98
f'c = 210 kg/cm ²	

$$f'_{cR} = 210 + 84 \text{ kg/cm}^2 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

Para un Slump: 3" a 4"

Características físicas de la arena

- Peso específico seco = 2698.7 kg/m³
- Absorción=3.98%
- Humedad=1%
- Módulo de fineza=2.796

Características físicas de la piedra

- Tamaño máximo=3/4"
- Peso específico seco=2694.3 kg/m³
- Peso unitario compactado= 1520.5 kg/m³
- Absorción=2.02% Humedad=0.11%

Características del cemento tipo HS

- Peso específico=2800kg/m³

Peso específico del agua= 1000 kg/m³

Concreto sin aire incorporado

8.4.6.1 *Volumen de agua*

Se obtiene el volumen de agua, en base al tamaño máximo del agregado grueso, y al diseño Slump requerido y sin aire incorporado, para el presente caso.

Tabla 40

Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire

Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin Aire incorporado								
Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
% Aire atrap	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con Aire incorporado								
Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-
% Aire atrap	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
% de aire incorporado en función del grado de exposición								
Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
moderada	8	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
extrema	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Nota. Basado en tópicos de tecnología del concreto en el Perú (1998)

Agua = 205lt

$$Agua = 0.205m^3$$

8.4.6.2 *Volumen de cemento*

Se calcula el volumen de cemento requerido, para ello se utiliza la siguiente tabla para calcular la relación agua/cemento.

Tabla 41

Relación Agua / Cemento

f'c a 28 días	Relación Agua/Cemento en peso	
	kg/cm2	Sin aire Con aire
450	0.38	
400	0.42	
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.6
150	0.79	0.7

Nota. Extraído de tópicos de tecnología del concreto en el Perú

Puesto que nuestro valor no se encuentra dentro de la tabla, se procede a realizar una interpolación con los valores cercanos a este:

$$\frac{A}{C} = \frac{(294 - 250) \times (0.54 - 0.61)}{(300 - 250)} + 0.61$$

$$\frac{A}{C} = 0.548$$

Donde:

A: volumen de agua

C: volumen de cemento

Para calcular el volumen de cemento, se realiza utiliza la relación A/C para obtener el peso de cemento, y se multiplica por el peso específico para obtener el volumen.

$$\text{Cemento} = 0.205/0.548$$

$$\text{Cemento} = 374.1\text{kg} \Rightarrow \text{Volumen cemento} = 0.134\text{m}^3$$

8.4.6.3 Volumen del agregado grueso

Para calcular el volumen de agregado grueso, se utiliza la tabla de volumen de agregado grueso según el módulo de fineza del agregado fino

Tabla 42

Volumen de agregado grueso según módulo de fineza del agregado fino

Tamaño máx del agregado	Volumen de agregado			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.78	0.75
4"	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. Extraído de tópicos de tecnología del concreto en el Perú (1998)

Puesto que nuestro valor no se encuentra dentro de la tabla, se procede a realizar una interpolación con los valores cercanos a este:

$$x = \frac{(2.796 - 2.8) \times (0.64 - 0.62)}{(2.6 - 2.8)} + 0.62$$

$$x = 0.62$$

Dicha relación se transforma en volumen neto multiplicando por el peso unitario compactado y dividiendo por el peso específico seco del material

$$\text{Peso unitario compactado} = 1520.5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso específico seco} = 2694.3 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volumen del agregado grueso} = \frac{1520.5 \times 0.62}{2694.3} \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del agregado grueso} = 0.35 \text{ m}^3$$

8.4.6.4 *Volumen del aire*

Se obtiene el valor del volumen de aire según la tabla, en la sección Concreto sin Aire incorporado.

Tabla 43

Cantidades aproximadas de agua de amasado ara diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire

Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin Aire incorporado								
Slump	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
% Aire atrap	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con Aire incorporado								
Slump	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-
% Aire atrap	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
% de aire incorporado en función del grado de exposición								
Slump	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
moderada	8	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
extrema	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Nota. Extraído de tópicos de tecnología del concreto en el Perú (1998)

$$Aire = 2\%$$

El 2% de aire es para un 1m³ de concreto, lo haciendo la transformación nos da:

$$Aire = 0.02 \text{ m}^3$$

8.4.6.5 Volumen de arena

Para el volumen de la arena, se suma todos los valores obtenidos anteriormente y se resta de 1m³, obteniéndose así el volumen de la arena.

Tabla 44*Volúmenes totales por m3 sin considerar agregado fino*

Volumen de agua	0.205	m3
Volumen de cemento	0.134	m3
Volumen de agregado grueso	0.35	m3
Volumen de aire	0.02	m3
TOTAL	0.709	m3

Nota. Cálculo de volumen total sin considerar agregado fino

$$\text{Volumen de arena} = 1 - 0.709 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de arena} = 0.291 \text{ m}^3$$

8.4.6.6 Cálculo de pesos de cada elemento

Se realiza el cálculo de los pesos multiplicando su volumen por el peso específico

Tabla 45*Pesos de los elementos*

Elemento	Vol. Abs (m3)	Peso específico (kg/m3)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205
Cemento	0.134	2800	375.2
Piedra	0.35	2694.3	943.01
Arena	0.291	2698.7	785.32
Aire	0.02		0
TOTALES	1		2308.53

Nota. Volumen y peso total de los elementos sin corrección por absorción y humedad**8.4.6.7 Corrección por absorción y humedad**

Se realiza la corrección por absorción y humedad, se resta la humedad con la absorción, teniendo así el balance de agua para cada caso, tanto para la piedra como para la arena.

Seguidamente se multiplica por el peso de cada uno, obteniendo así la contribución de agua en cada caso

$$Piedra = 943.01m^3 \quad Absorcion = 2.02\% \quad Humedad = 0.11\%$$

$$Arena = 785.32m^3 \quad Absorcion = 2.48\% \quad Humedad = 1.00\%$$

$$Peso Piedra humeda = 944 \text{ kg}$$

$$Peso Arena humeda = 793.2 \text{ kg}$$

$$Balance de piedra = \frac{0.11 - 2.02}{100} = -0.0191$$

$$Balance de arena = \frac{1.00 - 2.48}{100} = -0.0148$$

$$Contribucion agua piedra = 944 * (-0.0191) = -18 \text{ kg}$$

$$Contribucion agua arena = 793.2 \times 0.015 = -11.7 \text{ kg}$$

Para el agua final se obtiene sumando la contribución de cada caso

$$Agua final = 205 - 18 - 11.7 = 234.7 \text{ kg}$$

8.4.6.8 *Diseño final*

Tabla 46

Diseño final para 1m3

Elemento	Peso (kg)
Agua	234.7
Cemento	375.2
Piedra	944
Arena	793.2
Totales	2347.1

Nota. Peso total de los elementos para 1 m3

8.4.6.9 *Cantidades para briquetas*

Para este caso, se calcula el volumen de cada briketa, en este caso 15cm de diámetro y 30 cm de altura, y se multiplica el volumen obtenido por cada elemento requerido

$$\text{Volumen de cada briketa} = 0.0053 \text{ m}^3$$

$$\text{Cantidad de briquetas realizadas} = 6$$

$$\text{Volumen total} = 0.0318 \text{ m}^3$$

Se incrementa un 10% como factor de seguridad debido a los desperdicios que pudiera haber.

$$\text{Volumen final} = 0.0318 \text{ m}^3 \times 1.1$$

$$\text{Volumen final} = 0.035 \text{ m}^3$$

Elemento	Peso (kg)
Agua	7.41
Cemento	15.58
Piedra	33.04
Arena	26.12

Nota. Peso total de los elementos para 6 briquetas

8.4.6.10 *Elaboración de briquetas de concreto para evaluación de diseño de mezcla*

El objetivo es elaborar muestras cilíndricas de concreto para determinar las resistencias que alcanzan los especímenes y comprobar que el diseño es correcto.

Los materiales utilizados son:

- Cucharón metálico
- Espátula

- Mazo de goma
- Varilla metálica lisa de 5/8"
- Escobilla
- Badilejo
- Moldes de PVC
- Balanza
- Carretilla
- Mezcladora de concreto

- a) Se alistan la cantidad de material necesarios según el diseño de mezcla.
- b) Se limpia y alisa los moldes a utilizar
- c) Se preparar la mezcladora (trompo) vertiendo una pequeña cantidad de arena y agua, esto evita que el material se pegue, se vierte la mitad de arena y piedra, se deja homogenizar y se vierte el cemento en su totalidad, junto con el agua en aproximadamente un 75%, se vierte el resto de agregados y se vierte el resto de agua gradualmente, y se deja mezclar por unos 3 minutos aproximadamente, hasta observar una mezcla homogénea.
- d) Se vierte la mezcla sobre la carretilla, de donde se extrae en pocas cantidades para rellenar los moldes.
- e) Se procede a realizar el ensayo de verificación del asentamiento con el cono de Abrahams, se vierte la mezcla en tres partes, después de verter cada parte se apisona con la varilla metálica con 25 golpes en forma de espiral, al finalizar con las tres partes, se retira los excedentes con ayudad del badilejo y varilla, se retira el cono en forma vertical con cuidado, la masa de concreto presentara un asentamiento, el cual se mide colocando a un costado el cono y utilizando la varilla y una cinta métrica para medir la diferencia de alturas
- f) Una vez verificado el Slump se rellena los moldes en tres partes iguales, después de cada parte se apisona con la varilla metálica para eliminar los vacíos, así mismo se golpea ligeramente con el mazo de goma para permitir que la mezcla se acomode.

- g) Una vez relleno los moldes se retira los excedentes y se da el acabado con el badilejo, tratando que la superficie sea lisa y nivelada.
- h) Se deja fraguar la mezcla durante 24 horas, en un lugar plano, seco y cubierto de la humedad.
- i) Pasado las 24 horas se procede a desmoldar las briquetas con mucho cuidado, evitando fisuras y roturas durante el proceso
- j) Se realiza el curado de las briquetas, sumergiéndolas en agua por 28 días.

Figura 52

Elaboración de briquetas para diseño del concreto



Nota. Elaboración de briquetas de concreto

8.4.6.11 *Resistencia a la compresión de briquetas de concreto*

Previo al ensayo en la maquina compresora, se realiza el refrentado de cada cilindro de concreto, para nivelar la superficie de contacto con la base y la prensa hidráulica.

Para el presente caso, se utilizó yeso de alta resistencia establecido en la normativa peruana.

Materiales utilizados:

- Yeso de alta resistencia
- Espátula
- Recipiente de plástico
- Cucharon de plástico
- Jarra medidora
- Planchas de vidrio con superficie lisa

Figura 53

Materiales para el refrentado de cilindros de concreto



Se prepara el yeso en el recipiente siguiendo la dosificación del fabricante, se revuelve constantemente hasta conseguir una pasta uniforme.

Figura 54

Mezcla de yeso de alta resistencia



Se aplica el yeso y se esparce en toda la superficie rugosa del cilindro de concreto, y se coloca encima la plancha de vidrio para lograr una superficie lisa.

Figura 55

Aplicación del yeso de alta resistencia



Figura 56

Colocado de plancha de vidrio para superficie lisa



Se deja reposar por 20 minutos aproximadamente y se retira la plancha de vidrio cuidadosamente, y luego se procede a realizar el ensayo de compresión.

Se coloca las briquetas en la maquina compresora y se obtiene los datos de carga máxima aplicada y la resistencia a compresión del elemento ensayado.

Figura 57

Cilindro de concreto luego del ensayo a compresión a los 7 días



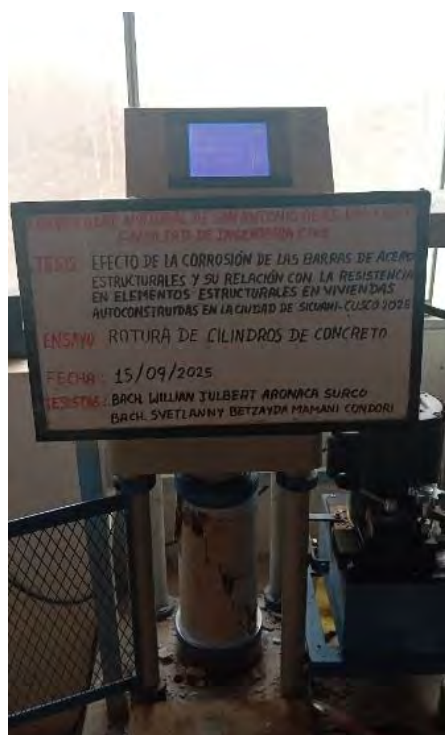
Figura 58*Prueba de resistencia del cilindro de concreto 2***Figura 59***Prueba de resistencia del cilindro de concreto 1*

Figura 60

Prueba de resistencia del cilindro de concreto 3



Tabla 47

Datos ensayo a compresión a los 7 y 28 días

N° de briqueta	Código	Fecha		Edad (días)	Tipo de falla	Diámetro promedio (cm)	Área de la sección (cm ²)	Máxima fuerza aplicada (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
		Elab.	Ensayo							
1	P-01	18/08/2025	25/08/2025	7	b	15	176.71	31060	175.77	153.41
2	P-02	18/08/2025	25/08/2025	7	b	15	176.71	27580	156.07	
3	P-03	18/08/2025	25/08/2025	7	b	15	176.71	22690	128.40	
4	B-01	18/08/2025	15/09/2025	28	b	15	176.71	40671.1	230.16	238.83
5	B-02	18/08/2025	15/09/2025	28	b	15	176.71	42893.9	242.74	
6	B-03	18/08/2025	15/09/2025	28	b	15	176.71	43046.2	243.60	

Nota. Resistencia a compresión de las briquetas de concreto

Se observa que el promedio para resistencia para los 7 días es de 153.41 kg/cm², lo cual es superior al 65% (136.5 kg/cm²) de la resistencia planteada 210 kg/cm²

Se observa que el promedio para resistencia para los 28 días es de 238.83 kg/cm², lo cual es superior a la resistencia planteada 210 kg/cm², por lo tanto, se acepta el diseño.

8.4.6.12 *Evaluación de datos de resistencia a compresión por el teorema de Dixon*

Para aplicar el teorema de Dixon se ordena los valores obtenidos de la resistencia y se ordena de menor a mayor, para evaluar los datos extremos (datos sospechosos), para el presente caso se tiene 3 valores para cada caso, y se compara con la tabla de valores críticos, para el presente caso con una significancia de 95%

Tabla 48

Valores críticos del Teorema de Dixon

Test statistic		Level of significance α						
	N	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005
$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1}$	3	0.648	0.781	0.886	0.941	0.976	0.988	0.994
	4	0.471	0.560	0.679	0.765	0.846	0.889	0.926
	5	0.373	0.451	0.557	0.642	0.729	0.780	0.821
	6	0.318	0.386	0.482	0.560	0.644	0.698	0.740
	7	0.281	0.344	0.434	0.507	0.596	0.637	0.680

Fuente: Numiqo (2021)

Para el caso del ensayo a los 7 días se tiene el valor sospechoso P-01 con un valor de 128.40 kg/cm². Se hace la siguiente evaluación

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \quad Ec. (53)$$

$$r_{10} = \frac{156.07 - 128.40}{175.77 - 128.40} = 0.5841$$

El valor obtenido es 0.5841, el cual es menor al indicado en la tabla de valores críticos de la tabla de ensayo de Dixon, por lo tanto, no es un valor atípico, es decir, los cálculos promedio calculados anteriormente son válidos

Para el caso del ensayo a los 28 días se tiene el valor sospechoso B-01 con un valor de 230.16 kg/cm². Se hace la siguiente evaluación

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \quad \text{Ec. (54)}$$

$$r_{10} = \frac{242.74 - 230.16}{243.60 - 230.16} = 0.9360$$

El valor obtenido es 0.9360, el cual es menor al indicado en la tabla de valores críticos de la tabla de ensayo de Dixon, por lo tanto, no es un valor atípico, es decir, los cálculos promedio calculados anteriormente son válidos

Tabla 49

Análisis estadístico por el Teorema de Dixon

Nº de briqueta	Código	Resistencia (kg/cm ²)	X _n -X _{n-1}	X _n -X ₁	Dixon Q _{exp}	Coef. Teor. Q _{crit} (0.95)	Tipo de dato
3	P-03	128.40	27.67	47.37	0.5841	0.9410	NO Atípico
2	P-02	156.07	19.70	47.37	0.4159	0.9410	NO Atípico
1	P-01	175.77	19.70	47.37	0.4159	0.9410	NO Atípico
4	B-01	230.16	12.58	13.44	0.9360	0.9410	NO Atípico
5	B-02	242.74	0.86	13.44	0.0640	0.9410	NO Atípico
6	B-03	243.60	0.86	13.44	0.0640	0.9410	NO Atípico

Nota. Verificación del estadístico de Dixon para descartar datos atípicos.

8.4.7 Ph del agua

Para realiza el proceso de oxidación del acero corrugado de 3/8” para las vigas y primas se utilizó agua potable y agua de lluvia, sumergiendo parcialmente los aceros.

Se realizó el cálculo de ph del agua potable y agua de lluvia, mediante el uso de un sensor de PH, Sensor de PH, ph-ORP-COND-ISE-DO obteniéndose:

Figura 61

Agua potable y agua de lluvia

**Figura 62**

Sensor de PH, ph-ORP-COND-ISE-DO



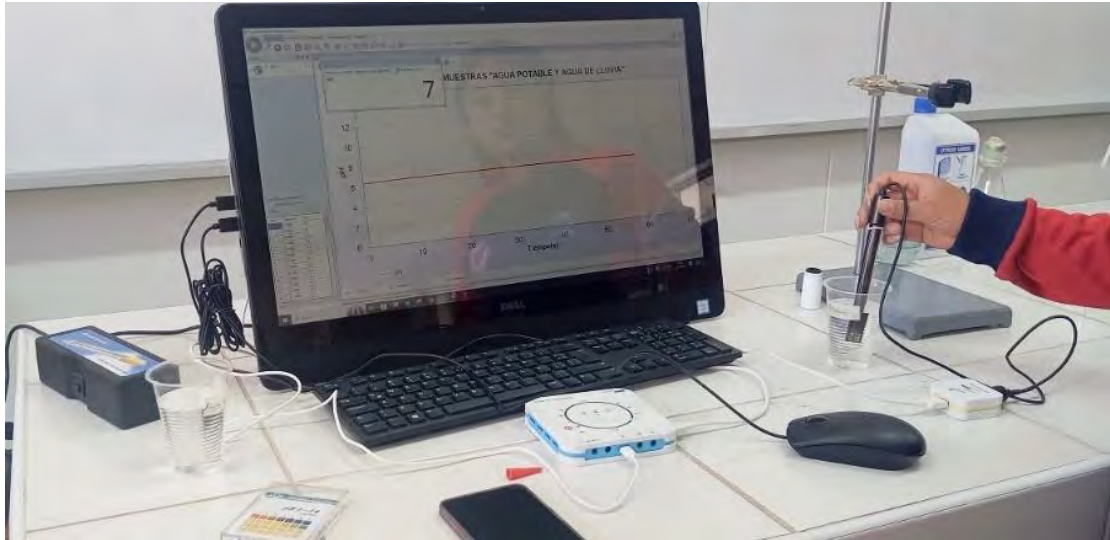
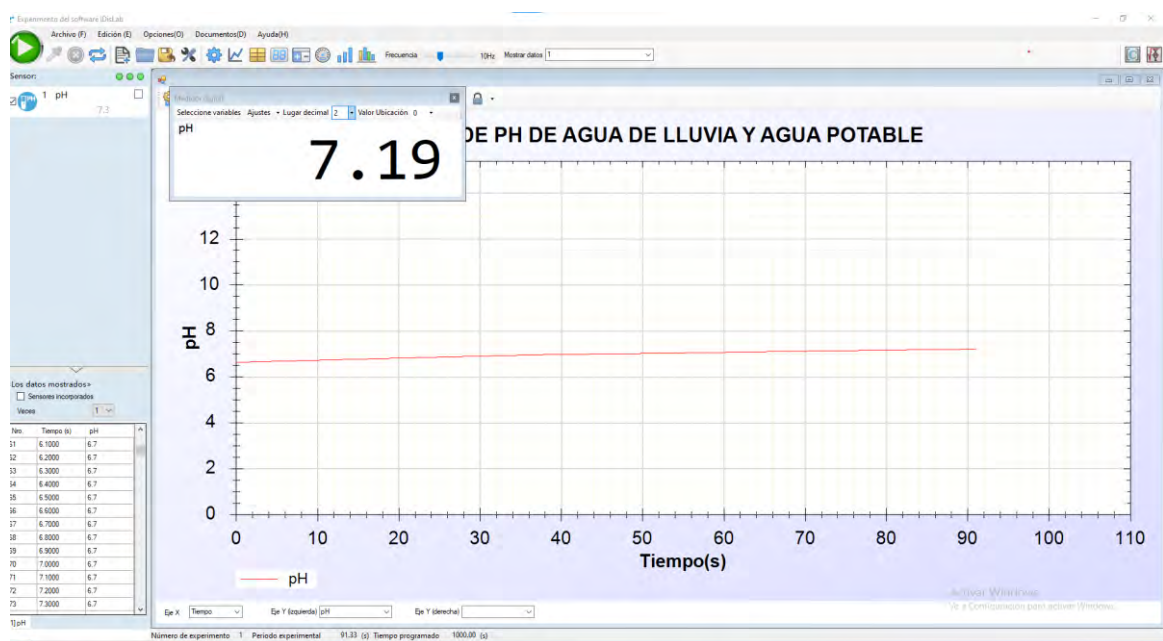
Figura 63*Equipo para la medición de ph del agua***Figura 64***Primera toma de ph de agua potable*

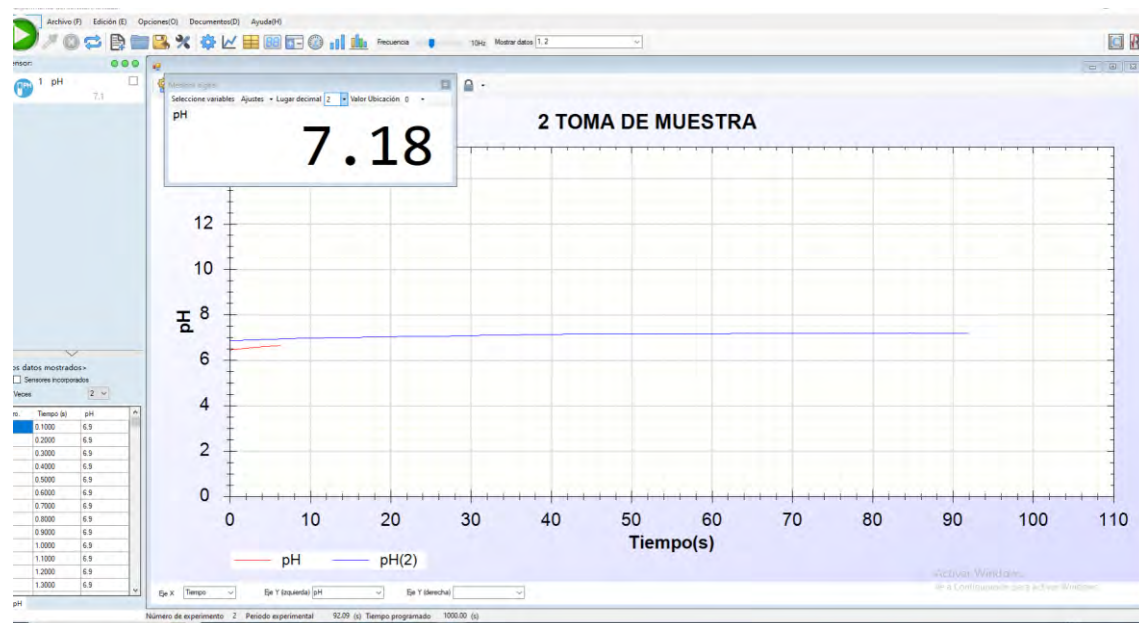
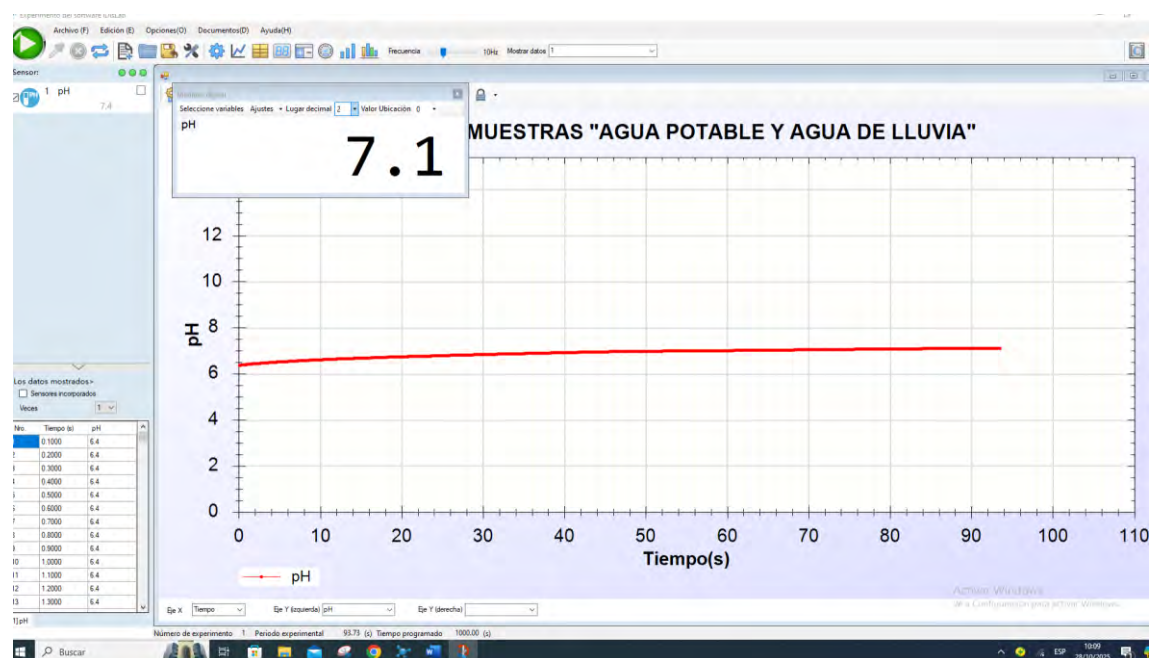
Figura 65*Segunda toma de ph de agua potable***Figura 66***Tercera toma de ph de agua potable*

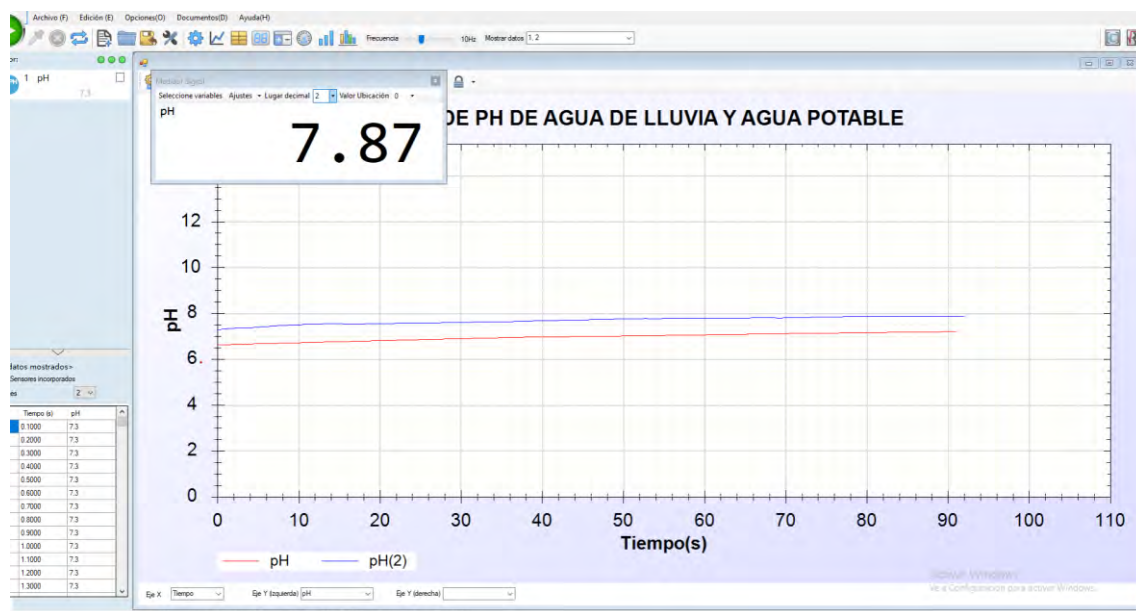
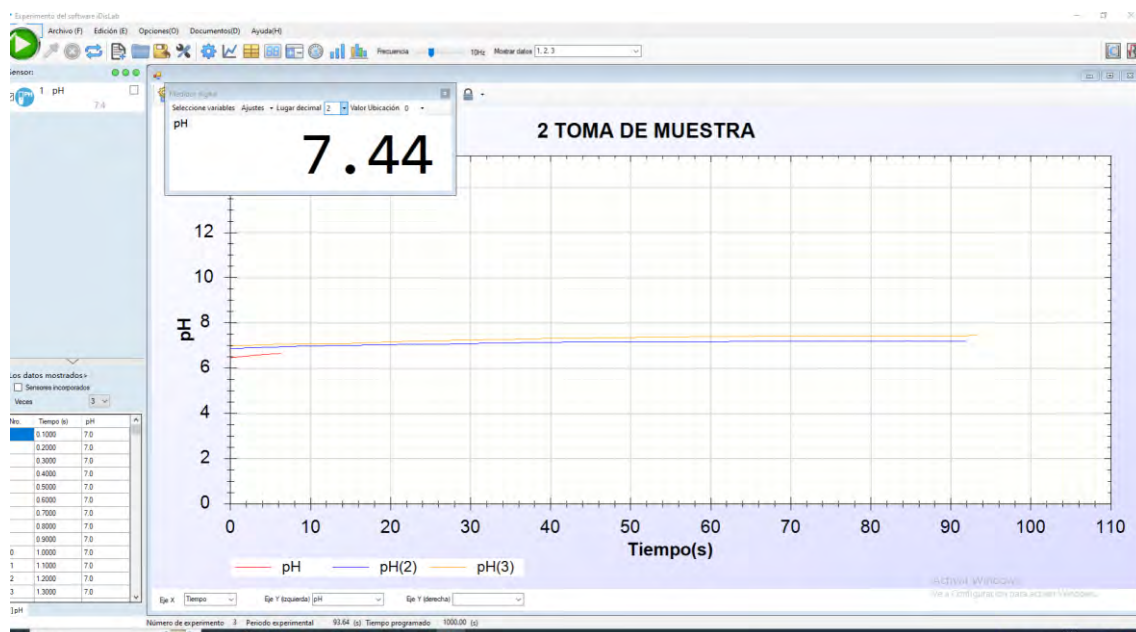
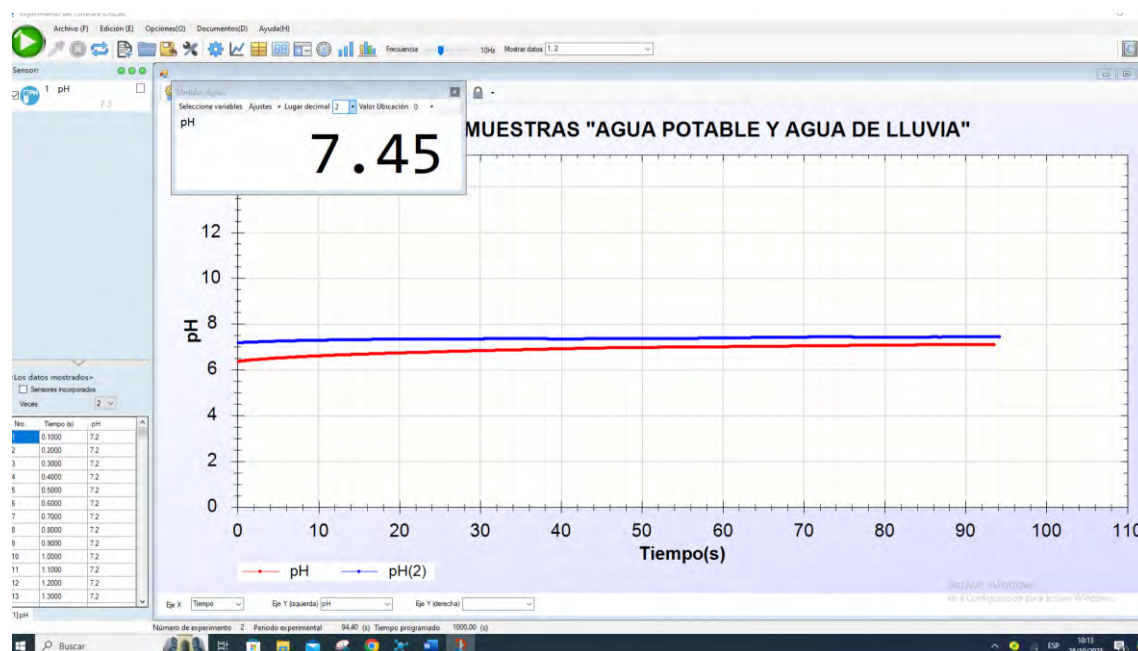
Figura 67*Primera toma de ph de agua de lluvia***Figura 68***Segunda toma de ph de agua de lluvia*

Figura 69*Tercera toma de ph de agua de lluvia***Tabla 50***PH del agua potable y agua de lluvia*

	Agua potable	Agua de lluvia
Primera toma	7.19	7.87
Segunda toma	7.18	7.44
Tercera toma	7.10	7.45
Promedio	7.156	7.586

Las dos muestras se encuentran en un intervalo cercano a la neutralidad, sin indicios de acidez relevante.

El pH del agua potable es apropiado para su uso. El pH elevado del agua de lluvia es atípico y puede estar asociado a factores ambientales donde predominan sustancias de carácter básico.

8.4.8 *Proceso de oxidación del acero corrugado de 3/8"*

Para realizar la oxidación de los aceros y así llegar a igualar en porcentaje de corrosión a las muestras recolectadas, se procedió a dejar oxidar los aceros exponiéndolos al aire libre y recubriéndolos parcialmente con agua potable y agua de lluvia directamente.

Se puso a corroer:

- a. 15 varillas de acero corrugado de 3/8" de 10 cm de largo.
- b. 15 varillas de acero corrugado de 3/8" de 30 cm de largo para los prismas cuadrangulares de concreto de 10cm x 10 cm x 22.5cm.
- c. 15 varillas de acero corrugado de 3/8" de 1.10m para las vigas de concreto.

El nivel de corrosión requerido se obtuvo según el peso de las muestras recogidas previamente.

Por lo que para tener un control de la variación del peso se utilizaron los aceros de 10 cm para compararlos con los aceros de 10cm de las muestras recogidas.

Figura 70

Peso de los aceros antes de someterlos a corrosión



8.4.8.1 *Peso de los aceros de 10cm a 1 día de someterse a corrosión*

Muestra	Peso inicial (gr)	Peso día 1	% Corrosión
	W0		
1	53.68	53.75	0.13%
2	53.52	53.56	0.07%
3	53.77	53.82	0.09%
4	53.68	53.72	0.07%
5	53.5	53.58	0.15%
6	53.44	53.52	0.15%
7	52.95	53.07	0.23%
8	54.14	54.15	0.02%
9	53.19	53.25	0.11%
10	53.99	54.02	0.06%
11	53.96	53.95	-0.02%
12	54.29	54.39	0.18%
13	53.22	53.22	0.00%
14	53.39	53.39	0.00%
15	53.37	53.43	0.11%

Figura 71

Peso de los aceros a 1 día de someterse a la corrosión



8.4.8.2 *Peso de los aceros de 10cm a los 14 días de someterse a corrosión*

Tabla 51

Peso día 14 de muestras

Muestra	Peso inicial (gr)	Peso día 14	% Corrosión
	W0		$\Delta W/W0*100$
1	53.68	53.78	0.19%
2	53.52	53.63	0.21%
3	53.77	53.87	0.19%
4	53.68	53.77	0.17%
5	53.5	53.6	0.19%
6	53.44	53.58	0.26%
7	52.95	53.04	0.17%
8	54.14	54.26	0.22%
9	53.19	53.29	0.19%
10	53.99	54.08	0.17%
11	53.96	54.03	0.13%
12	54.29	54.36	0.13%
13	53.22	53.33	0.21%
14	53.39	53.5	0.21%
15	53.37	53.54	0.32%

Figura 72

Proceso de corrosión a los 14 días de los aceros corrugados



Figura 73

Peso de los aceros de 10cm corroidos a los 14 días



8.4.8.3 *Peso de los aceros de 10cm a los 21 días de someterse a corrosión*

Tabla 52

Peso día 21 de muestras

Muestra	Peso inicial (gr)	Peso día 21	% Corrosión
	W0		$\Delta W/W0 \cdot 100$
1	53.68	53.8	0.22%
2	53.52	53.62	0.19%
3	53.77	53.86	0.17%
4	53.68	53.78	0.19%
5	53.5	53.65	0.28%
6	53.44	53.57	0.24%
7	52.95	53.05	0.19%
8	54.14	54.29	0.28%
9	53.19	53.36	0.32%
10	53.99	54.09	0.18%
11	53.96	54.04	0.15%
12	54.29	54.37	0.15%
13	53.22	53.37	0.28%
14	53.39	53.55	0.30%
15	53.37	53.31	

Figura 74

Peso de los aceros corroidos a los 21 días



8.4.8.4 *Peso de los aceros de 10cm a los 28 días de someterse a corrosión*

Tabla 53

Peso día 28 de muestras

Muestra	Peso inicial (gr)	Peso día 28	% Corrosión
	W0		
1	53.68	53.83	0.28%
2	53.52	53.68	0.30%
3	53.77	53.92	0.28%
4	53.68	53.81	0.24%
5	53.5	53.69	0.35%
6	53.44	53.58	0.26%
7	52.95	53.08	0.25%
8	54.14	54.31	0.31%
9	53.19	53.36	0.32%
10	53.99	54.14	0.28%
11	53.96	54.04	0.15%
12	54.29	54.42	0.24%
13	53.22	53.40	0.34%
14	53.39	53.57	0.34%
15	53.37	53.62	0.47%

Figura 75*Peso del acero corroído a los 28 días***8.4.8.5 Peso de los aceros de 10cm a los 35 días de someterse a corrosión****Tabla 54***Peso día 35 de muestras*

Muestra	Peso inicial (gr)	Peso día 35	% Corrosión
	W0		$\Delta W/W0 \cdot 100$
1	53.68	53.89	0.26%
2	53.52	53.73	0.32%
3	53.77	54.01	0.35%
4	53.68	53.88	0.30%
5	53.5	53.75	0.32%
6	53.44	53.65	0.24%
7	52.95	53.14	0.13%
8	54.14	54.38	0.42%
9	53.19	53.41	0.30%
10	53.99	54.18	0.30%
11	53.96	54.16	0.39%
12	54.29	54.5	0.20%
13	53.22	53.45	0.43%
14	53.39	53.67	0.52%
15	53.37	53.4	

Figura 76*Oxidación de los aceros***Figura 77***Peso del acero corroído a los 35 días*

8.4.8.6 *Peso de los aceros de 10cm a los 42 días de someterse a corrosión*

Tabla 55

Peso día 42 y porcentaje de corrosión

Muestra	Peso inicial (gr)	Oxido	Peso día 42	Peso día 42	Diferencia de pesos	% Corrosión
	W0			Variado	$\Delta W = W0 - W1$	$\Delta W / W0 * 100$
1	53.68	0.08	53.86	53.94	0.26	0.48%
2	53.52	0.08	53.78	53.86	0.34	0.64%
3	53.77	0.08	54.04	54.12	0.35	0.65%
4	53.68	0.08	53.96	54.04	0.36	0.67%
5	53.5	0.08	53.8	53.88	0.38	0.71%
6	53.44	0.08	53.67	53.75	0.31	0.58%
7	52.95	0.08	53.16	53.24	0.29	0.55%
8	54.14	0.08	54.39	54.47	0.33	0.61%
9	53.19	0.08	53.44	53.52	0.33	0.62%
10	53.99	0.08	54.21	54.29	0.3	0.56%
11	53.96	0.08	54.11	54.19	0.23	0.43%
12	54.29	0.08	54.5	54.58	0.29	0.53%
13	53.22	0.08	53.48	53.56	0.34	0.64%
14	53.39	0.08	53.71	53.79	0.4	0.75%
15	53.37	0.08	53.43	53.51	0.14	0.26%

Figura 78

Peso del acero corroído a los 42 días



Tabla 56*Tabla resumen de la variación de oxidación en los aceros*

N.º acero	Peso inicial (Gr) W0	Peso día 1	Peso día 14	% Corrosión $\Delta W/W0*100$	Peso día 21	% Corrosión $\Delta W/W0*100$	Peso día 28	% Corrosión $\Delta W/W0*100$	Peso día 35	Oxido	Peso día 42	Peso día 42 Variado	Diferencia de pesos $\Delta W=W0-W1$	% Corrosión $\Delta W/W0*100$
1	53.68	53.75	53.78	0.19%	53.8	0.22%	53.83	0.28%	53.89	0.08	53.86	53.94	0.26	0.48%
2	53.52	53.56	53.63	0.21%	53.62	0.19%	53.68	0.30%	53.73	0.08	53.78	53.86	0.34	0.64%
3	53.77	53.82	53.87	0.19%	53.86	0.17%	53.92	0.28%	54.01	0.08	54.04	54.12	0.35	0.65%
4	53.68	53.72	53.77	0.17%	53.78	0.19%	53.81	0.24%	53.88	0.08	53.96	54.04	0.36	0.67%
5	53.5	53.58	53.6	0.19%	53.65	0.28%	53.69	0.35%	53.75	0.08	53.8	53.88	0.38	0.71%
6	53.44	53.52	53.58	0.26%	53.57	0.24%	53.58	0.26%	53.65	0.08	53.67	53.75	0.31	0.58%
7	52.95	53.07	53.04	0.17%	53.05	0.19%	53.08	0.25%	53.14	0.08	53.16	53.24	0.29	0.55%
8	54.14	54.15	54.26	0.22%	54.29	0.28%	54.31	0.31%	54.38	0.08	54.39	54.47	0.33	0.61%
9	53.19	53.25	53.29	0.19%	53.36	0.32%	53.36	0.32%	53.41	0.08	53.44	53.52	0.33	0.62%
10	53.99	54.02	54.08	0.17%	54.09	0.18%	54.14	0.28%	54.18	0.08	54.21	54.29	0.3	0.56%
11	53.96	53.95	54.03	0.13%	54.04	0.15%	54.04	0.15%	54.16	0.08	54.11	54.19	0.23	0.43%
12	54.29	54.39	54.36	0.13%	54.37	0.15%	54.42	0.24%	54.5	0.08	54.5	54.58	0.29	0.53%
13	53.22	53.22	53.33	0.21%	53.37	0.28%	53.40	0.34%	53.45	0.08	53.48	53.56	0.34	0.64%
14	53.39	53.39	53.5	0.21%	53.55	0.30%	53.57	0.34%	53.67	0.08	53.71	53.79	0.4	0.75%
15	53.37	53.43	53.54		53.31		53.62	0.47%	53.4	0.08	53.43	53.51	0.14	0.26%

8.4.9 Diseño de viga

8.4.9.1 Datos de diseño

Se realiza el diseño, en base a antecedentes, y criterios tomados en la norma E.060 concreto armado del Reglamento Nacional de Edificaciones (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020).

Tabla 57

Características de la viga

Características de la viga		
f_c	210	kg/cm ²
f_y	4200	kg/cm ²
H	15	cm
b	15	cm
r	4	cm
d	11	cm
B_1	0.85	
AS	0.71	cm ²

Nota. Características de la viga a diseñar

Donde:

f_c : resistencia a la compresión del concreto

f_y : límite de fluencia del acero

H: Peralte de la viga

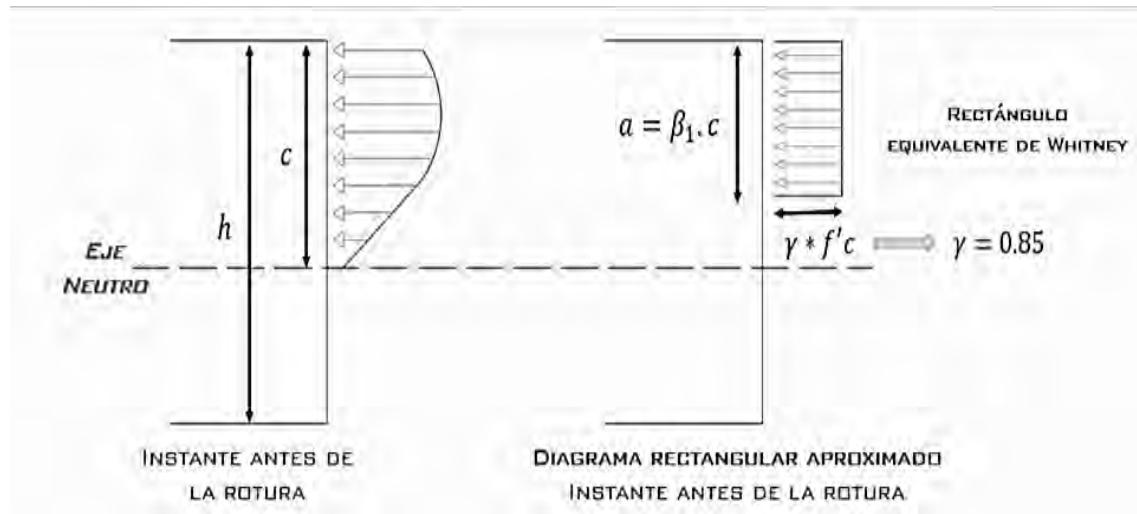
b: ancho de la viga

r: recubrimiento de la viga

d: peralte efectivo de la viga

AS: área de acero asignado, equivalente a una varilla de 3/8"

Se calcula el valor de a, la altura del rectángulo equivalente de esfuerzos de compresión en el concreto, haciendo equilibrio entre la fuerza resultante de compresión y la fuerza de tracción que aporta el refuerzo de acero.

Figura 79*Diagrama de deformación unitaria*

Obteniendo la siguiente expresión:

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'c \times b} \quad EC. (55)$$

$$a = \frac{0.71 \times 4200}{0.85 \times 210 \times 15}$$

$$a = 1.1137 \text{ cm}$$

Seguidamente se calcula el momento máximo nominal M_n y el momento ultimo M_u .

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad Ec. (56)$$

$$M_n = 0.71 \times 4200 \times \left(11 - \frac{1.1137}{2}\right)$$

$$M_n = 31141.4353 \text{ kg.cm} = 0.3114 \text{ ton.m}$$

Se calcula la distancia del eje neutro al extremo en compresión C_b .

$$C_b = 0.588 \times d$$

$$Cb = 0.588 \times 11$$

$$Cb = 6.4680 \text{ cm}$$

Se calcula la cuantía balanceada de acero ρ_B .

$$\rho_B = \frac{0.85 \times f'_c \times B1}{f_y} \times \frac{cb}{d} \quad \text{Ec. (57)}$$

$$\rho_B = \frac{0.85 \times 210 \times 0.85}{4200} \times \frac{6.4680}{11}$$

$$\rho_B = 0.0212$$

Se calcula la cuantía propuesta ρ .

$$\rho = \frac{AS}{b \times d} \quad \text{Ec. (58)}$$

$$\rho = \frac{0.71}{15 \times 11}$$

$$\rho = 0.0043 = 0.43\%$$

Se calcula la cuantía mínima ρ_{MIN} y máxima ρ_{MAX}

$$\rho_{MIN} = \frac{0.8 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} \quad \text{Ec. (59)}$$

$$\rho_{MAX} = 0.75\rho_B \quad \text{Ec. (60)}$$

$$\rho_{MIN} = \frac{0.8 \times \sqrt{210}}{4200}$$

$$\rho_{MIN} = 0.0028 = 0.28\%$$

$$\rho_{MAX} = 0.75 \times 0.0212$$

$$\rho_{MAX} = 0.0159 = 1.59\%$$

Se verifica que la cuantía propuesta se encuentre entre el rango calculado

$$\rho_{MIN} < \rho < \rho_{MAX}$$

$$0.28\% < 0.43\% < 1.59\%$$

Se verifica que el tipo de falla del acero, para el presente caso se busca una falla dúctil, para lo cual el área del acero debería ser menor a la del acero balanceado, calculamos el acero balanceado con la siguiente expresión

$$Asb = \rho_B \times b \times d \quad Ec. (61)$$

$$Asb = 0.0212 \times 15 \times 11$$

$$Asb = 3.5048$$

Se verifica que:

$$As < Asb$$

$$0.71 < 3.5048$$

También se verifica que el área de acero asignado se encuentre dentro del rango entre el área de acero mínimo A_{min} y máximo A_{max}

$$Asmin = \frac{14}{f_y} \times b \times d \quad Ec. (62)$$

$$Asmin = \frac{0.80 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} \times b \times a \quad Ec. (63)$$

$$Asmax = 0.75 \times Pb \times Bw \times d \quad Ec. (64)$$

Para el acero mínimo se toma el valor más grande calculado de las expresiones

$$Asmin = \frac{14}{4200} \times 15 \times 11$$

$$Asmin = \frac{0.80 \times \sqrt{210}}{4200} \times 15 \times 1.1137$$

$$A_{smin} = 0.550 \text{ cm}^2 \quad A_{smin} = 0.4554 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0.550 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 0.75 \times 0.0212 \times 15 \times 11$$

$$A_{smax} = 2.6286 \text{ cm}^2$$

Se verifica que:

$$A_{min} < A_s < A_{max}$$

$$0.550 \text{ cm}^2 < 0.71 \text{ cm}^2 < 2.6286 \text{ cm}^2$$

Se verifica que el tipo de falla sea por flexión, para lo cual es necesario calcular la resistencia de la sección de corte y la carga de corte, para el fallo por flexión la resistencia en la sección de corte V_c debe ser superior a la carga de corte V_u , y se calculan con las siguientes expresiones

$$V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \quad Ec. (65)$$

$$V_u = M_u \div \frac{L}{3} \quad Ec. (66)$$

Donde:

V_c : resistencia de la sección de corte

V_u : Cargada de corte

L : Longitud de la vigueta (0.90 m)

$$V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 15 \times 11$$

$$V_c = 1077.1803 \text{ kg.f} = 1.0772 \text{ ton.f}$$

$$V_u = 0.2803 \div \frac{0.90}{3}$$

$$V_u = 0.9342 \text{ ton. } f$$

Se verifica que:

$$V_c > V_u$$

$$1.0772 \text{ ton. } f > 0.9342 \text{ ton. } f$$

Se comprueba que el área del acero en función de la altura del rectángulo de esfuerzos de compresión con las siguientes expresiones:

$$AS = \frac{0.85 \times f'_c \times a \times b}{f_y} \quad \text{Ec. (67)}$$

$$AS = \frac{M_n}{f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)} \quad \text{Ec. (68)}$$

$$AS = \frac{0.85 \times 210 \times 1.1137 \times 15}{4200}$$

$$AS = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$AS = \frac{31141.4353}{4200 \times \left(11 - \frac{1.1137}{2}\right)}$$

$$AS = 0.71 \text{ cm}^2$$

Figura 80

Diseño de viga para ensayo de flexión en 4 puntos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR CUSCO - PERÚ - 2025

DISEÑO DE VIGA PARA ENSAYO DE FLEXIÓN DE 4 PUNTOS																							
$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times f'c \times b} \quad Mn = AS \times fy \times (d - \frac{a}{2}) \quad Mu = \phi \times Mn \quad Cb = 0.588 \times d$																							
DATOS DE DISEÑO			<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>a</th> <th>Mn</th> <th>Mn (ton-m)</th> <th>Mu</th> <th>cb</th> </tr> <tr> <td>1.1137</td> <td>31141.4353</td> <td>0.3114</td> <td>0.2803</td> <td>6.4680</td> </tr> </table>			a	Mn	Mn (ton-m)	Mu	cb	1.1137	31141.4353	0.3114	0.2803	6.4680								
a	Mn	Mn (ton-m)	Mu	cb																			
1.1137	31141.4353	0.3114	0.2803	6.4680																			
f'c	210	kg/cm ²																					
fy	4200	kg/cm ²																					
Mu	X																						
H	15	cm																					
b	15	cm																					
r	4	cm																					
d	11	cm																					
B₁	0.85																						
AS	0.71	cm ²																					
			$\rho_{Min} = \frac{0.8 \times \sqrt{f'c}}{fy} \quad \rho = \frac{AS}{b \times d} \quad \rho_{Max} = 0.75 \rho_b \quad \rho_b = \frac{0.85 \times f'c \times B_1}{fy} \times \frac{cb}{d}$																				
			<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>PMIN</th> <th>P</th> <th>PMAX</th> <th>PB</th> <th>AS</th> <th>Asb</th> </tr> <tr> <td>0.0028</td> <td>0.0043</td> <td>0.0159</td> <td>0.0212</td> <td>0.71</td> <td>3.5048</td> </tr> <tr> <td>0.28%</td> <td>0.43%</td> <td>1.59%</td> <td></td> <td colspan="2">As < Asb</td> </tr> </table>			PMIN	P	PMAX	PB	AS	Asb	0.0028	0.0043	0.0159	0.0212	0.71	3.5048	0.28%	0.43%	1.59%		As < Asb	
PMIN	P	PMAX	PB	AS	Asb																		
0.0028	0.0043	0.0159	0.0212	0.71	3.5048																		
0.28%	0.43%	1.59%		As < Asb																			
			$\rho_{Min} < \rho < \rho_{Max}$																				
			cumple falla ductil																				
			$Asmin = \frac{14}{fy} \times b \times d \quad Asmin = \frac{0.80 \times \sqrt{f'c}}{fy} \times b \times a \quad Asmax = 0.75 \times Pb \times Bw \times d$																				
			<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>Asmin</th> <th>Asmin</th> <th>As</th> <th>Asmax</th> </tr> <tr> <td>0.550</td> <td>0.4554</td> <td>0.71</td> <td>2.6286</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.550</td> <td>0.71</td> <td>2.6286</td> </tr> </table>			Asmin	Asmin	As	Asmax	0.550	0.4554	0.71	2.6286		0.550	0.71	2.6286						
Asmin	Asmin	As	Asmax																				
0.550	0.4554	0.71	2.6286																				
	0.550	0.71	2.6286																				
			cumple																				
Resistencia Sección de Corte																							
		$Vc = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times d$																					
vc	1077.1803	kg-f	1.0772	Ton-f																			
		RESISTENCIA SECCIÓN DE CORTE > CARGA DE CORTE VU 1.0772 > 0.9342																					
Comprobación Área de acero		FLEXION																					
AS Con a colocado		AS Con a calculado																					
a	1.1137	a	1.1137																				
		$AS = \frac{0.85 \times f'c \times a \times b}{fy} \quad AS = \frac{Mn}{fy \times (d - \frac{a}{2})} \quad a = \frac{AS \times fy}{0.85 \times f'c \times b}$																					
As	0.71	As	0.71																				

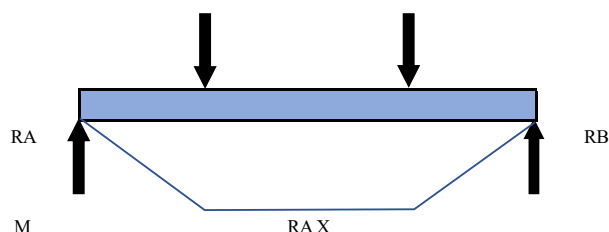
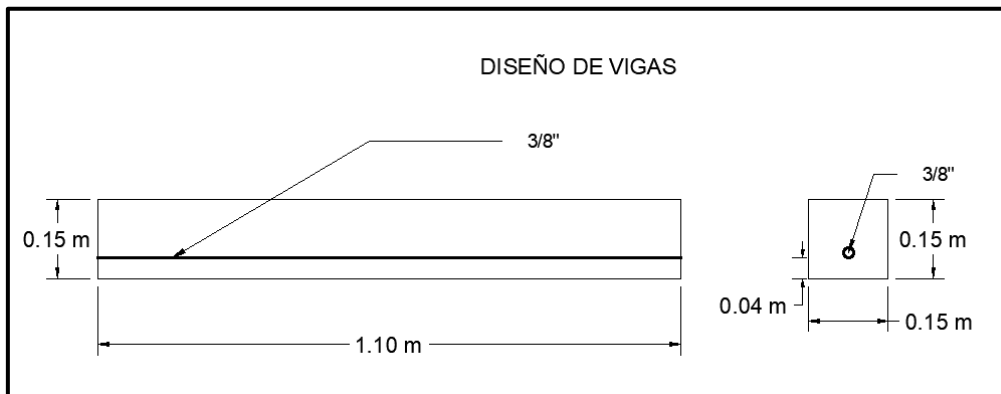


Figura 81*Elaboración de vigas de concreto***Figura 82***Diseño de las vigas de concreto*

8.4.10 Diseño de prismas rectangulares para ensayo de adherencia

Figura 83

Medidas para el diseño de dados de concreto

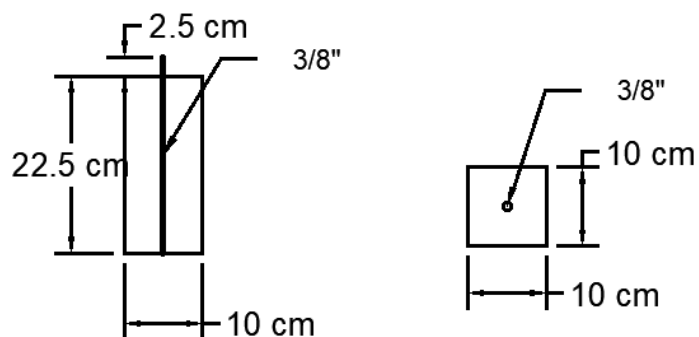


Figura 84

Elaboración de dados de concreto

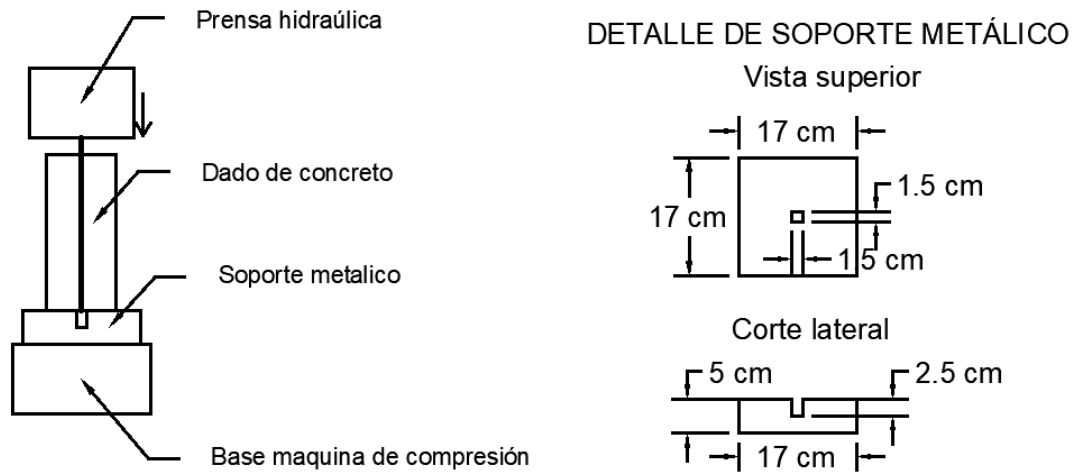


8.4.11 Mecanismo para el ensayo de adherencia

Para realizar los ensayos de adherencia, se utilizó la prensa de compresión.

Figura 85

Diseño de mecanismo de ensayo de adherencia

**Figura 86**

Mecanismo para el ensayo de adherencia



“DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN”

8.5 Procedimiento de análisis de datos

8.5.1 Diseño de mezclas

8.5.1.1 Análisis de granulometría del agregado fino

Según la NTP 400.037 se tomaron los límites del porcentaje que pasa y los límites del módulo de finura.

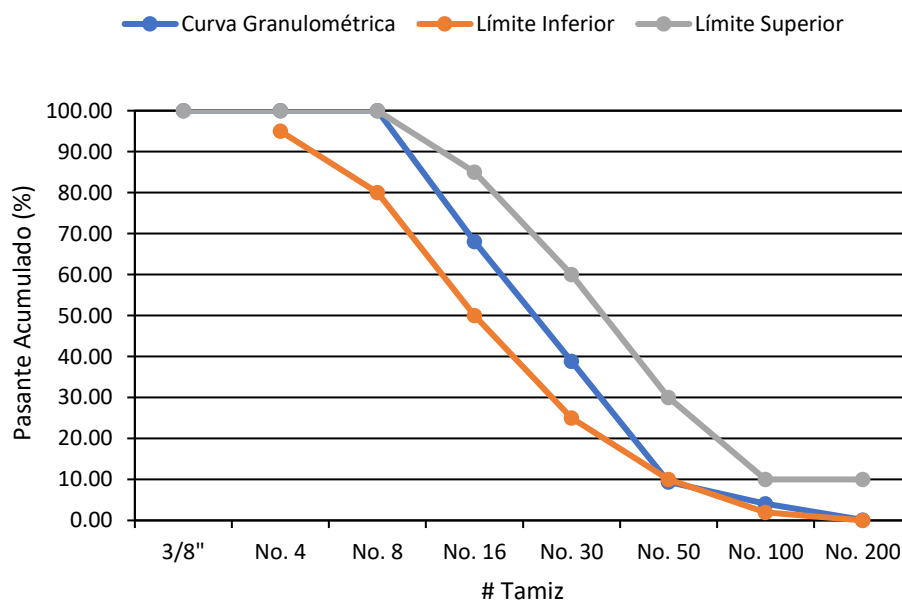
Tabla 58

Límites granulométricos para el agregado fino

Tamiz estándar	Porcentaje que pasa
3/8"	100
Nº4	95 a 100
Nº8	80 a 100
Nº16	50 a 85
Nº30	25 a 60
Nº50	5 a 30
Nº100	0 a 10
<i>Nota. Según la NTP 400.037 (2014)</i>	

Tabla 59*Granulometría del agregado fino*

Agregado Fino					
Cantera		Marangani		Fecha	08/07/2025
Peso inicial de la muestra		569.03	gr		
Tamiz		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
pulg	mm				
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 8	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 16	1.180	181.57	31.95	31.95	68.05
No. 30	0.600	165.83	29.18	61.13	38.87
No. 50	0.300	167.52	29.48	90.61	9.39
No. 100	0.150	30.25	5.32	95.93	4.07
No. 200	0.075	22.37	3.94	99.87	0.13
Fondo		0.74	0.13	100.00	0.00
Total		568.28	100.00	Tamaño Max Nominal	No. 16
error (%)		0.13	Módulo de fineza	2.796	

Figura 87*Curva granulométrica del agregado fino*

La distribución granulométrica del agregado fino proveniente de la cantera de Marangani cumple con los rangos establecidos en la NTP 400.037. Su módulo de finura, de 2.796, clasifica al material como una arena de granulometría gruesa, adecuada para la elaboración de concreto, ya que tiende a requerir menos agua, aunque podría reducir la cohesión de la mezcla si no se realizan los ajustes correspondientes.

8.5.1.2 *Análisis de granulometría del agregado grueso*

De acuerdo con la NTP 400.037 (2014), se emplearon los límites del porcentaje que pasa por los tamices. El tamaño máximo nominal se define como el diámetro del primer tamiz en el cual el agregado grueso queda retenido.

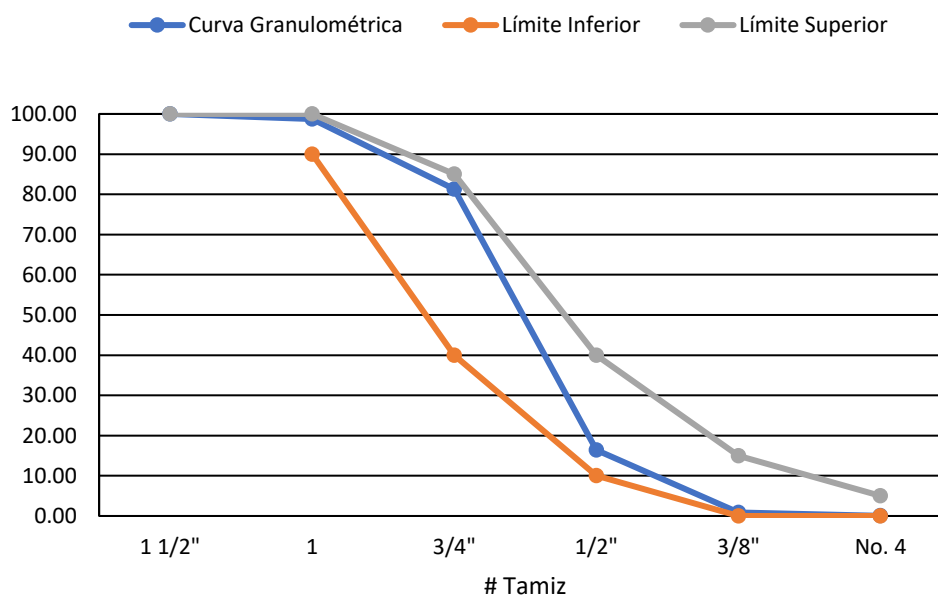
Tabla 60*Límites de la gradación usada para el agregado grueso*

Tamaño nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
	100mm (4")	90mm (3 ½")	75mm (3")	63mm (2 ½")	50mm (2")	37.5mm (1 ½")	25mm (1")	19mm (3/4")	12.5mm (1/2")	9.5mm (3/8")	4.75mm (Nº4)	2.36mm (Nº8)	1.18mm (Nº16)
90mm a 37.5mm (3 ½" a 1 ½")	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63mm a 37.5mm (2 ½" a 1 ½")	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50mm a 25mm (2" a 1")	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50mm a 4.75mm (2" a N°4)	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
37.5mm a 19mm (1 ½" a ¾")	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5mm a 4.75mm (1" a N°4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--
25mm a 12.5mm (1" a ½")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25mm a 9.5mm (1" a 3/8")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25mm a 4.75mm (1" a N°4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
19mm a 9.5mm (3/4" a 3/8")	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
19mm a 4.75mm (3/4" a N°4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--
12.5mm a 4.75mm (1/2" a N°4)	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--
9.5mm a 2.38mm (3/8" a N°8)	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Nota. Basado en la NTP 400.03 (2014)

Tabla 61*Granulometría del agregado grueso*

Agregado Grueso					
Cantera		Ayaviri		Fecha	08/07/2025
Peso inicial de la muestra		2412.14	gr		
Tamiz		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
pulg	mm				
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.00	30.70	1.27	1.27	98.73
3/4"	19.00	420.87	17.46	18.73	81.27
1/2"	12.50	1564.48	64.91	83.64	16.36
3/8"	9.50	374.04	15.52	99.16	0.84
No. 4	4.750	19.28	0.80	99.96	0.04
Fondo		1.02	0.04	100.00	0.00
Total		2410.39	100.00	Tamaño Max Nominal	3/4"
error (%)		0.00	Módulo de fineza	3.03	

Figura 88*Curva granulométrica del agregado grueso*

La curva granulométrica del agregado grueso procedente de la cantera de Ayaviri, se encuentra dentro de los límites establecidos de la NTP 400.037 (2014). El tamaño máximo del agregado es de 1 ½" y el tamaño máximo nominal es de 1".

8.5.2 Ensayo de compresión en briquetas de concreto

Figura 89

Ensayo de compresión realizado en el laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Figura 90

Cantidad de briquetas sometidas a compresión



8.5.2.1 Resistencia a la compresión en briquetas de concreto

Tabla 62

Resistencia a la compresión en briquetas de concreto

N° de briketa	Código	Fecha		Edad (días)	Tipo de falla	Diámetro promedio (cm)	Área de la sección (cm ²)	Máxima fuerza aplicada (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Resistencia requerida (kg/cm ²)	%Logrado respecto al esperado
		Elab.	Ensayo									
1	M-1-1	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	41220	233.26		210	109%
2	M-1-2	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	41800	236.55	228.89	210	
3	M-1-3	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	38320	216.85		210	
4	M-2-1	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	50550	286.06		210	
5	M-2-2	12/10/2025	13/11/2025	32	b	15	176.71	52630	297.83	293.21	210	139.61%
6	M-2-3	12/10/2025	13/11/2025	32	b	15	176.71	52260	295.74		210	
7	M-3-1	12/10/2025	13/11/2025	32	e	15	176.71	41220	233.26		210	
8	M-3-2	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	47080	266.43	253.90	210	120.90%
9	M-3-3	12/10/2025	13/11/2025	32	e	15	176.71	46300	262.01		210	
10	M-4-1	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	42360	239.71		210	
11	M-4-2	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	43230	244.64	240.79	210	114.66%
12	M-4-3	12/10/2025	13/11/2025	32	e	15	176.71	42060	238.02		210	
13	M-5-1	12/10/2025	13/11/2025	32	a	15	176.71	44840	253.75		210	
14	M-5-2	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	45910	259.80	256.52	210	122.15%
15	M-5-3	12/10/2025	13/11/2025	32	b	15	176.71	45240	256.01		210	
16	M-6-1	12/10/2025	13/11/2025	32	e	15	176.71	48160	272.54		210	
17	M-6-2	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	46920	265.52	252.83	210	120.39%
18	M-6-3	12/10/2025	13/11/2025	32	e	15	176.71	38950	220.42		210	

8.5.2.2 Evaluación de datos de resistencia a compresión por el teorema de Dixon

Para aplicar el teorema de Dixon se ordena los valores obtenidos de las resistencias y se ordena de menor a mayor, para evaluar los datos extremos (datos sospechosos), para el presente caso se tiene 3 valores para cada caso, y se compara con la tabla de valores críticos, para el presente caso con una significancia de 95%

Tabla 63

Valores críticos del Teorema de Dixon

Test statistic	Level of significance α							
	N	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005
$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1}$	3	0.648	0.781	0.886	0.941	0.976	0.988	0.994
	4	0.471	0.560	0.679	0.765	0.846	0.889	0.926
	5	0.373	0.451	0.557	0.642	0.729	0.780	0.821
	6	0.318	0.386	0.482	0.560	0.644	0.698	0.740
	7	0.281	0.344	0.434	0.507	0.596	0.637	0.680

Nota. Valores críticos del ensayo Dixon (2021)

Para el caso del ensayo del grupo M-1 se tiene el valor sospechoso M-1-3 con un valor de 216.85 kg/cm². Se hace la siguiente evaluación

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \quad \text{Ec. (69)}$$

$$r_{10} = \frac{233.26 - 216.85}{236.55 - 216.85} = 0.8330$$

El valor obtenido es 0.8330, el cual es menor al indicado en la tabla de valores críticos de la tabla de ensayo de Dixon, por lo tanto, no es un valor atípico, es decir, los cálculos promedio calculados anteriormente son válidos

Tabla 64*Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo M-1*

Nº de briqueta	Código	Resistencia (kg/cm2)	$x_n - x_{n-1}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Coef. teor. $Q_{crit} (0.95)$	Tipo de dato
3	M-1-3	216.85	16.41	19.70	0.8330	0.9410	NO Atípico
1	M-1-1	233.26	3.29	19.70	0.1670	0.9410	NO Atípico
2	M-1-2	236.55	3.29	19.70	0.1670	0.9410	NO Atípico

Nota. Verificación del estadístico de Dixon para descartar datos atípicos

Para el caso del ensayo del grupo M-2 se tiene el valor sospechoso M-2-1 con un valor de 286.06 kg/cm2. Se hace la siguiente evaluación

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \quad \text{Ec. (70)}$$

$$r_{10} = \frac{295.74 - 286.06}{297.83 - 286.06} = 0.8224$$

El valor obtenido es 0.8224, el cual es menor al indicado en la tabla de valores críticos de la tabla de ensayo de Dixon, por lo tanto, no es un valor atípico, es decir, los cálculos promedio calculados anteriormente son válidos

Tabla 65*Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo M-2*

Nº de briqueta	Código	Resistencia (kg/cm2)	$x_n - x_{n-1}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Coef. teor. $Q_{crit} (0.95)$	Tipo de dato
4	M-2-1	286.06	9.68	11.77	0.8224	0.9410	NO Atípico
6	M-2-3	295.74	2.09	11.77	0.1776	0.9410	NO Atípico
5	M-2-2	297.83	2.09	11.77	0.1776	0.9410	NO Atípico

Nota. Verificación del estadístico de Dixon para descartar datos atípicos

Para el caso del ensayo del grupo M-3 se tiene el valor sospechoso M-3-1 con un valor de 233.26 kg/cm2. Se hace la siguiente evaluación

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \quad \text{Ec. (71)}$$

$$r_{10} = \frac{262.01 - 233.26}{266.43 - 233.26} = 0.8667$$

El valor obtenido es 0.8667, el cual es menor al indicado en la tabla de valores críticos de la tabla de ensayo de Dixon, por lo tanto, no es un valor atípico, es decir, los cálculos promedio calculados anteriormente son válidos

Tabla 66

Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo M-3

Nº de briqueta	Código	Resistencia (kg/cm2)	$x_n - x_{n-1}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Coef. teor. $Q_{crit} (0.95)$	Tipo de dato
7	M-3-1	233.26	28.75	33.17	0.8667	0.9410	NO Atípico
9	M-3-3	262.01	4.42	33.17	0.1333	0.9410	NO Atípico
8	M-3-2	266.43	4.42	33.17	0.1333	0.9410	NO Atípico

Nota. Verificación del estadístico de Dixon para descartar datos atípicos

Para el caso del ensayo del grupo M-4 se tiene el valor sospechoso M-4-2 con un valor de 266.43 kg/cm2. Se hace la siguiente evaluación

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \quad \text{Ec. (72)}$$

$$r_{10} = \frac{244.64 - 239.71}{244.64 - 238.02} = 0.7447$$

El valor obtenido es 0.7447, el cual es menor al indicado en la tabla de valores críticos de la tabla de ensayo de Dixon, por lo tanto, no es un valor atípico, es decir, los cálculos promedio calculados anteriormente son válidos.

Tabla 67**Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo M-4**

N° de briqueta	Código	Resistencia (kg/cm2)	$x_n - x_{n-1}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Coef. teor. $Q_{crit} (0.95)$	Tipo de dato
12	M-4-3	238.02	1.69	6.62	0.2553	0.9410	NO Atípico
10	M-4-1	239.71	1.69	6.62	0.2553	0.9410	NO Atípico
11	M-4-2	244.64	4.93	6.62	0.7447	0.9410	NO Atípico

Nota. Verificación del estadístico de Dixon para descartar datos atípicos

Para el caso del ensayo del grupo M-5 se tiene el valor sospechoso M-5-1 con un valor de 266.43 kg/cm2. Se hace la siguiente evaluación

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \quad Ec. (73)$$

$$r_{10} = \frac{256.01 - 253.75}{259.80 - 253.75} = 0.6264$$

El valor obtenido es 0.6264, el cual es menor al indicado en la tabla de valores críticos de la tabla de ensayo de Dixon, por lo tanto, no es un valor atípico, es decir, los cálculos promedio calculados anteriormente son válidos

Tabla 68*Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo M-5*

N° de briqueta	Código	Resistencia (kg/cm2)	$x_n - x_{n-1}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Coef. teor. $Q_{crit} (0.95)$	Tipo de dato
13	M-5-1	253.75	2.26	6.05	0.3736	0.9410	NO Atípico
15	M-5-3	256.01	2.26	6.05	0.3736	0.9410	NO Atípico
14	M-5-2	259.80	3.79	6.05	0.6264	0.9410	NO Atípico

Nota. Verificación del estadístico de Dixon para descartar datos atípicos

Para el caso del ensayo del grupo M-6 se tiene el valor sospechoso M-6-3 con un valor de 266.43 kg/cm2. Se hace la siguiente evaluación

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \quad \text{Ec. (74)}$$

$$r_{10} = \frac{265.52 - 220.42}{272.52 - 220.42} = 0.8653$$

El valor obtenido es 0.8653, el cual es menor al indicado en la tabla de valores críticos de la tabla de ensayo de Dixon, por lo tanto, no es un valor atípico, es decir, los cálculos promedio calculados anteriormente son válidos

Tabla 69

Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo M-6

Nº de briqueta	Código	Resistencia (kg/cm2)	$x_n - x_{n-1}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Coef. teor. $Q_{crit} (0.95)$	Tipo de dato
18	M-6-3	220.42	45.10	52.12	0.8653	0.9410	NO Atípico
17	M-6-2	265.52	7.02	52.12	0.1347	0.9410	NO Atípico
16	M-6-1	272.54	7.02	52.12	0.1347	0.9410	NO Atípico

Nota. Verificación del estadístico de Dixon para descartar datos atípicos

8.5.3 *Ensayo de adherencia en dados de concreto con acero embebido*

8.5.3.1 *Procedimiento del ensayo*

Después del curado de los especímenes se procede a realizar el ensayo:

- Se verifica las dimensiones del dado (base, ancho, altura de dado y altura de varilla saliente)
- Se alinea el dado de concreto vertical en la prensa hidráulica.
- La prensa ejerce una fuerza de compresión y se obtiene la carga máxima ejercida.
- Se verifica la falla según corresponda
- Se mide la altura del acero al final de ensayo

Figura 91

Ensayo de adherencia por compresión



Nota. Dado alineado antes del ensayo

Figura 92

Dado D3 – OM (Dado típico con corrosión máxima)



Nota. La figura muestra al dado D3 – OM con una falla en diagonal por compresión del concreto y un deslizamiento corto de la varilla de acero

Figura 93

Dado D1 – SO (Dado típico sin corrosión)



Nota. La figura muestra al dado D3 – OM con una falla en vertical por compresión del concreto y un deslizamiento corto de la varilla de acero hacia el lateral

Figura 94

Dado D2 – OP (Dado típico con corrosión promedio)



Nota. La figura muestra al dado D2 – OP al concreto sin fallar y un deslizamiento corto de la varilla de acero

8.5.3.2 *Datos de las muestras***Tabla 70***Dimensiones de dados de concreto*

N° de ensayo	Código	Fecha Elab.	Dimensiones de la muestra					
			Ø Varilla (mm)	L (mm)	A (mm)	B(mm)	LV (mm)	LVS (mm)
1	D-1 SO	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
2	D-2 SO	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
3	D-3 SO	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
4	D-4-SO	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
5	D-5 SO	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
6	D-1 OP	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
7	D-2 OP	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
8	D-3 OP	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
9	D-4 OP	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
10	D-5 OP	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
11	D-1 OM	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
12	D-2 OM	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
13	D-3 OM	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
14	D-4 OM	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
15	D-5 OM	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25

8.5.3.3 *Datos obtenidos del ensayo de adherencia*

Tabla 71

Datos obtenidos del ensayo de adherencia

N° de ensayo	Código	Fecha		Edad de concreto (días)	Ø Varilla (mm)	Fuerza (kgf)	Carga aplicada (KN)	Long. Inicial	Long. Final	Oxido
		Elab.	Ensayo					Lo (mm)	Lf (mm)	%
1	D-1 SO	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5330.00	52.2694	250	241	0
2	D-2 SO	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5050.00	49.5236	250	241	0
3	D-3 SO	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	6410.00	62.8606	250	243	0
4	D-4-SO	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	4830.00	47.3661	250	241	0
5	D-5 SO	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5410.00	53.0540	250	242	0
6	D-1 OP	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5090.00	49.9158	250	243	0,48
7	D-2 OP	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	4980.00	48.8371	250	240	0,55
8	D-3 OP	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5320.00	52.1714	250	241	0,58
9	D-4 OP	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5290.00	51.8772	250	241	0,53
10	D-5 OP	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5360.00	52.5636	250	242	0,43
11	D-1 OM	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5540.00	54.3288	250	236	0.67
12	D-2 OM	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5250.00	51.4849	250	235	0.61
13	D-3 OM	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5570.00	54.6230	250	234	0.62
14	D-4 OM	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5420.00	53.1520	250	234	0.64
15	D-5 OM	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5070.00	49.7197	250	233	0.75

8.5.3.4 *Cálculo de la fuerza de unión*

Se calcula el esfuerzo de adherencia en cada caso correspondiente, se obtiene el valor de la Fuerza de unión dividiendo la carga aplicada entre la superficie de contacto, siguiendo la siguiente expresión

$$\tau = \frac{P}{\pi \times \phi \times La} \quad Ec. (75)$$

Donde:

τ : Fuerza de unión (Mpa)

P: Carga aplicada (N)

ϕ : Diámetro de la varilla (mm)

La: Longitud de anclaje (mm)

Además, se calcula la fuerza de unión normalizada, dividiendo el valor de la fuerza de unión experimental calculada por la raíz cuadrada de la resistencia de compresión del concreto, se expresa de la siguiente manera.

$$\tau_{nz} = \frac{\tau}{\sqrt{f'_c}} \quad Ec. (76)$$

Tabla 72*Resultados del ensayo de adherencia*

GRUPO	N° DE ENSAYO	TESTIGO	Deformación (mm)	Fuerza (kgf)	Carga Aplicada (KN)	Diámetro de la varilla (mm)	Área de la varilla (mm ²)	Esfuerzo (kg/mm ²)	Fuerza de Unión (MPa)	f'c (MPa)	Fuerza de Unión Normalizada (MPa)
Sin corrosión	1	D-1 SO		5330.00	52.2694	9.525	71	75.0705	7.7634	24.7912	1.5592
	2	D-2 SO		5050.00	49.5236	9.525	71	71.1268	7.3555	24.7912	1.4773
	3	D-3 SO		6410.00	62.8606	9.525	71	90.2817	9.3364	24.7912	1.8751
	4	D-4-SO		4830.00	47.3661	9.525	71	68.0282	7.0351	24.7912	1.4129
	5	D-5 SO		5410.00	53.0540	9.525	71	76.1972	7.8799	24.7912	1.5826
Corrosión promedio	6	D-1 OP		5090.00	49.9158	9.525	71	71.6902	7.4138	24.7912	1.489
	7	D-2 OP		4980.00	48.8371	9.525	71	70.1409	7.2536	24.7912	1.4568
	8	D-3 OP		5320.00	52.1714	9.525	71	74.9296	7.7488	24.7912	1.5563
	9	D-4 OP		5290.00	51.8772	9.525	71	74.5071	7.7051	24.7912	1.5475
	10	D-5 OP		5360.00	52.5636	9.525	71	75.493	7.8071	24.7912	1.568
Corrosión máxima	11	D-1 OM		5540.00	54.3288	9.525	71	78.0282	8.0692	24.7912	1.6206
	12	D-2 OM		5250.00	51.4849	9.525	71	73.9437	7.6468	24.7912	1.5358
	13	D-3 OM		5570.00	54.6230	9.525	71	78.4508	8.1129	24.7912	1.6294
	14	D-4 OM		5420.00	53.1520	9.525	71	76.3381	7.8945	24.7912	1.5855
	15	D-5 OM		5070.00	49.7197	9.525	71	71.4085	7.3847	24.7912	1.4831

8.5.3.5 Evaluación de datos de ensayo de adherencia por el teorema de Dixon

Para aplicar el teorema de Dixon se ordena los valores obtenidos de las resistencias y se ordena de menor a mayor, para evaluar los datos extremos (datos sospechosos), para el presente caso se tiene 5 valores para cada caso, y se compara con la tabla de valores críticos, para el presente caso con una significancia de 95%, para el presente caso el valor critico es de 0.642.

Tabla 73

Valores críticos del Teorema de Dixon

Test Statistic	Level of significance α							
	N	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005
$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1}$	3	0.684	0.781	0.886	0.941	0.976	0.998	0.994
	4	0.471	0.560	0.679	0.765	0.846	0.889	0.926
	5	0.373	0.451	0.557	0.642	0.729	0.780	0.821
	6	0.318	0.386	0.482	0.560	0.664	0.698	0.740
	7	0.281	0.344	0.434	0.507	0.596	0.637	0.680

Nota. Tabla de valores críticos del ensayo Dixon (2021)

Para el caso del ensayo del grupo D - SO se tiene el valor sospechoso D – 3 - SO con un valor de 1.8751 MPa. Se hace la siguiente evaluación

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \quad \text{Ec. (77)}$$

$$r_{10} = \frac{1.7851 - 1.5826}{1.8751 - 1.4129} = 0.6328$$

El valor obtenido es 0.6328, el cual es menor al indicado en la tabla de valores críticos de la tabla de ensayo de Dixon, por lo tanto, no es un valor atípico, es decir, los cálculos promedio calculados anteriormente son válidos

Tabla 74*Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo D - SO*

N° de ensayo	Testigo	Fuerza de Unión Normalizada (MPa)	$x_n - x_{n-1}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Coef. Teor. Q_{crit} (0.95)	Tipo de dato
4	D-4-SO	1.4129	0.0644	0.4622	0.1393	0.642	NO Atípico
2	D-2 SO	1.4773	0.0644	0.4622	0.1393	0.642	NO Atípico
1	D-1 SO	1.5592	0.0234	0.4622	0.0506	0.642	NO Atípico
5	D-5 SO	1.5826	0.0234	0.4622	0.0506	0.642	NO Atípico
3	D-3 SO	1.8751	0.2925	0.4622	0.6328	0.642	NO Atípico

Nota. Verificación del estadístico de Dixon para descartar datos atípicos

Para el caso del ensayo del grupo D - OP se tiene el valor sospechoso D – 2 - SO con un valor de 1.4568 MPa. Se hace la siguiente evaluación

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \quad Ec. (78)$$

$$r_{10} = \frac{1.4890 - 1.4568}{1.5680 - 1.4568} = 0.2896$$

El valor obtenido es 0.2896, el cual es menor al indicado en la tabla de valores críticos de la tabla de ensayo de Dixon, por lo tanto, no es un valor atípico, es decir, los cálculos promedio calculados anteriormente son válidos

Tabla 75*Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo D - OP*

Nº de ensayo	Testigo	Fuerza de Unión Normalizada (MPa)	$x_n - x_{n-1}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Q_{crit} (0.95)	Tipo de dato
7	D-2 OP	1.4568	0.0322	0.1112	0.2896	0.642	NO Atípico
6	D-1 OP	1.489	0.0322	0.1112	0.2896	0.642	NO Atípico
9	D-4 OP	1.5475	0.0088	0.1112	0.0791	0.642	NO Atípico
8	D-3 OP	1.5563	0.0088	0.1112	0.0791	0.642	NO Atípico
10	D-5 OP	1.568	0.0117	0.1112	0.1052	0.642	NO Atípico

Nota. Verificación del estadístico de Dixon para descartar datos atípicos

Para el caso del ensayo del grupo D - OM se tiene el valor sospechoso D – 5 - SO con un valor de 1.4831 MPa. Se hace la siguiente evaluación

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \quad Ec. (79)$$

$$r_{10} = \frac{1.5358 - 1.4831}{1.6294 - 1.4831} = 0.3602$$

El valor obtenido es 0.3602, el cual es menor al indicado en la tabla de valores críticos de la tabla de ensayo de Dixon, por lo tanto, no es un valor atípico, es decir, los cálculos promedio calculados anteriormente son válidos.

Tabla 76*Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo D - OM*

Nº de ensayo	Testigo	Fuerza de Unión Normalizada (MPa)	$X_n - X_{n-1}$	$X_n - X_1$	Dixon Q_{exp}	Q_{crit} (0.95)	Tipo de dato
15	D-5 OM	1.4831	0.0527	0.1463	0.3602	0.642	NO Atípico
12	D-2 OM	1.5358	0.0497	0.1463	0.3397	0.642	NO Atípico
14	D-4 OM	1.5855	0.0351	0.1463	0.2399	0.642	NO Atípico
11	D-1 OM	1.6206	0.0088	0.1463	0.0602	0.642	NO Atípico
13	D-3 OM	1.6294	0.0088	0.1463	0.0602	0.642	NO Atípico

Nota. Verificación del estadístico de Dixon para descartar datos atípicos

8.5.4 Ensayo de resistencia a la flexión

8.5.4.1 Procedimiento del ensayo de flexión

Después del curado de los especímenes se procede a realizar el ensayo:

- Se verifica las dimensiones de la viga (ancho, peralte y longitud)
- Se realizan marcas guía en los tercios de la viga, dejando un espacio de 10 cm (según la normativa mínimo 25 mm) para evitar que se resbale de los apoyos del equipo.
- Se coloca cuidadosamente la viga, perfectamente nivelada sobre los apoyos
- La maquina ejerce una fuerza vertical generando esfuerzos de flexión en el tercio central
- Se verifica el tipo de falla para realizar los cálculos con los datos obtenidos del equipo

Figura 95

Marcado de la viga en los tercios centrales



Nota. Se realizan marcas guía en las vigas en los tercios de estas

Figura 96*Ensayo de flexión en 4 puntos*

Nota. Se coloca la viga en la maquina universal, alineando los apoyos en las marcas de los tercios

Figura 97

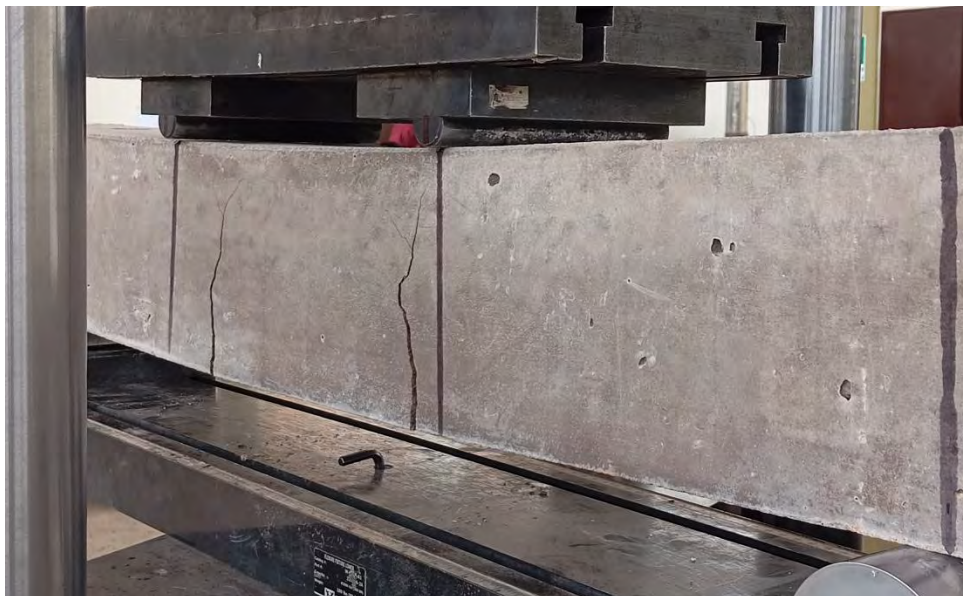
Viga V2 – OM (viga típica con corrosión máxima) luego del ensayo



Nota. La figura muestra a la viga V2 - OM una falla por flexión (presenta grietas en el tercio central)

Figura 98

Viga V1 – OP (viga típica con corrosión promedio) luego del ensayo



Nota. La figura muestra a la viga V1 - OP una falla por flexión (presenta grietas en el tercio central)

Figura 99

Viga V4 – SO (viga típica sin corrosión) luego del ensayo



Nota. La figura muestra a la viga V4 – SO una falla por flexión (presenta grietas en el tercio central)

8.5.4.2 Datos obtenidos del ensayo de flexión

Tabla 77

Resultados del ensayo a la flexión de vigas

Grupo	N° de vigueta	Código	Fecha		Edad (días)	Longitud				Carga de rotura (kgf)	Tipo de falla	
			Elaboración	Rotura		Superior		Inferior				Longitud apoyos (m)
						L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)			
Sin corrosión	1	V1-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6306	Por flexión
	2	V2-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6134	Por flexión
	3	V3-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6254	Por flexión
	4	V4-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6398	Por flexión
	5	V5-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6673	Por flexión
Corrosión promedio	6	V1-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6458	Por flexión
	7	V2-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	4956	Por flexión
	8	V3-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6398	Por flexión
	9	V4-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	5302	Por flexión
	10	V5-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	5838	Por flexión
Corrosión máxima	11	V1-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	5480	Por flexión
	12	V2-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	5456	Por flexión
	13	V3-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6358	Por flexión
	14	V4-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6714	Por flexión
	15	V5-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	5168	Por flexión

Nota. Cálculo de momento ultimo según la longitud de apoyos y la carga de rotura indicada en la maquina universal

8.5.4.3 *Cálculo de momento último y módulo de rotura*

8.5.4.3.1 *Momento último*

Se calcula el momento ultimo según el tipo de falla siguiendo la siguiente expresión, para vigas con falla por flexión

$$Mu = \frac{P}{2} \times \frac{L}{3} \quad Ec. (80)$$

Donde:

Mu: Momento último (Tn-m)

P: Carga máxima aplicada indicada por la máquina (Ton)

L: Longitud de apoyos (m)

Tabla 78*Momento último*

Grupo	N° de viga	Código	Fecha		Edad (Días)	Longitud				Carga de Rotura (kgf)	Momento último (ton-m)	Promedio (ton-m)	
			Elaboración	Rotura		Superior		Inferior					Longitud entre apoyos (m)
						L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)				
Sin corrosión	1	V1-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6306	0.946	0.953
	2	V2-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6134	0.920	
	3	V3-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6254	0.938	
	4	V4-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6398	0.960	
	5	V5-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6673	1.001	
Corrosión promedio	6	V1-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6458	0.969	0.869
	7	V2-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	4956	0.743	
	8	V3-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6398	0.960	
	9	V4-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	5302	0.795	
	10	V5-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	5838	0.876	
Corrosión máxima	11	V1-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	5480	0.822	0.875
	12	V2-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	5456	0.818	
	13	V3-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6358	0.954	
	14	V4-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6714	1.007	
	15	V5-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	5168	0.775	

Nota. Cálculo de momento ultimo según la longitud de apoyos y la carga de rotura indicada en la maquina universal

8.5.4.4 Evaluación de datos de ensayo de adherencia por el teorema de Dixon

Para aplicar el teorema de Dixon se ordena los valores obtenidos de las resistencias y se ordena de menor a mayor, para evaluar los datos extremos (datos sospechosos), para el presente caso se tiene 5 valores para cada caso, y se compara con la tabla de valores críticos, para el presente caso con una significancia de 95%, para el presente caso el valor critico es de 0.642.

Tabla 79

Valores críticos del Teorema de Dixon

Test Statistic	Leve lof significance α							
	N	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005
$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1}$	3	0.684	0.781	0.886	0.941	0.976	0.998	0.994
	4	0.471	0.560	0.679	0.765	0.846	0.889	0.926
	5	0.373	0.451	0.557	0.642	0.729	0.780	0.821
	6	0.318	0.386	0.482	0.560	0.664	0.698	0.740
	7	0.281	0.344	0.434	0.507	0.596	0.637	0.680

Nota. Tabla de Valores Críticos Del Ensayo Dixon (2021)

Para el caso del ensayo del grupo V - SO se tiene el valor sospechoso V - 5 - SO con un valor de 1.001 ton-m. Se hace la siguiente evaluación.

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \quad Ec. (81)$$

$$r_{10} = \frac{1.001 - 0.960}{1.001 - 0.920} = 0.5062$$

El valor obtenido es 0.5062, el cual es menor al indicado en la tabla de valores críticos de la tabla de ensayo de Dixon, por lo tanto, no es un valor atípico, es decir, los cálculos promedio calculados anteriormente son válidos.

Tabla 80*Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo V – SO*

Nº de ensayo	Testigo	Momento ultimo (ton-m)	$x_n - x_{n-1}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Coef. Teor. $Q_{crit} (0.95)$	Tipo de dato
1	V1-SO	0.920	0.0180	0.0810	0.2222	0.642	NO Atípico
2	V2-SO	0.938	0.0080	0.0810	0.0988	0.642	NO Atípico
4	V4-SO	0.946	0.0080	0.0810	0.0988	0.642	NO Atípico
3	V3-SO	0.960	0.0140	0.0810	0.1728	0.642	NO Atípico
5	V5-SO	1.001	0.0410	0.0810	0.5062	0.642	NO Atípico

Nota. Verificación del estadístico de Dixon para descartar datos atípicos

Para el caso del ensayo del grupo V - OP se tiene el valor sospechoso V - 1 - OP con un valor de 0.743 ton-m. Se hace la siguiente evaluación

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \quad Ec. (82)$$

$$r_{10} = \frac{0.795 - 0.743}{0.969 - 0.743} = 0.2301$$

El valor obtenido es 0.2301, el cual es menor al indicado en la tabla de valores críticos de la tabla de ensayo de Dixon, por lo tanto, no es un valor atípico, es decir, los cálculos promedio calculados anteriormente son válidos.

Tabla 81*Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo V - OP*

Nº de ensayo	Testigo	Momento ultimo (ton-m)	$x_n - x_{n-1}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Coef. Teor. $Q_{crit} (0.95)$	Tipo de dato
6	V1-OP	0.743	0.0520	0.2260	0.2301	0.642	NO Atípico
9	V4-OP	0.795	0.0520	0.2260	0.2301	0.642	NO Atípico

10	V5-OP	0.876	0.0810	0.2260	0.3584	0.642	NO Atípico
8	V3-OP	0.960	0.0090	0.2260	0.0398	0.642	NO Atípico
7	V2-OP	0.969	0.0090	0.2260	0.0398	0.642	NO Atípico

Nota. Verificación del estadístico de Dixon para descartar datos atípicos

Para el caso del ensayo del grupo V - OM se tiene el valor sospechoso V – 4 – OM con un valor de 1.007 ton-m. Se hace la siguiente evaluación.

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \quad \text{Ec. (83)}$$

$$r_{10} = \frac{1.007 - 0.954}{1.007 - 0.775} = 0.2284$$

El valor obtenido es 0.2284, el cual es menor al indicado en la tabla de valores críticos de la tabla de ensayo de Dixon, por lo tanto, no es un valor atípico, es decir, los cálculos promedio calculados anteriormente son válidos.

Tabla 82

Análisis estadísticos Teorema de Dixon - Grupo V - OM

N° de ensayo	Testigo	Momento ultimo (ton-m)	$x_n - x_{n-1}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Coef.	Tipo de dato
						Teor. Q_{crit} (0.95)	
15	V5-OM	0.775	0.0430	0.2320	0.1853	0.642	NO Atípico
12	V2-OM	0.818	0.0040	0.2320	0.0172	0.642	NO Atípico
11	V1-OM	0.822	0.0040	0.2320	0.0172	0.642	NO Atípico
13	V3-OM	0.954	0.0530	0.2320	0.2284	0.642	NO Atípico
14	V4-OM	1.007	0.0530	0.2320	0.2284	0.642	NO Atípico

Nota. Verificación del estadístico de Dixon para descartar datos atípicos

8.5.5 *Cálculo del Momento ultimo teórico en base a los resultados de compresión, experimental*

8.5.5.1 *Para vigas sin presencia de corrosión*

Se realiza el diseño, en base a antecedentes, y criterios tomados en la norma E.060 concreto armado del Reglamento Nacional de Edificaciones (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020).

Se aclara que los cálculos son realizados para las vigas fabricadas con acero sin presencia de corrosión, y con una la resistencia a compresión del concreto experimental.

Características de la viga		
f_c	254.66	kg/cm ²
f_y	4200	kg/cm ²
H	15	cm
b	15	cm
r	4	cm
d	11	cm
B_1	0.85	
AS	0.71	cm ²

Donde:

f_c : resistencia a la compresión del concreto experimental

f_y : límite de fluencia del acero

H: Peralte de la viga

b: ancho de la viga

r: recubrimiento de la viga

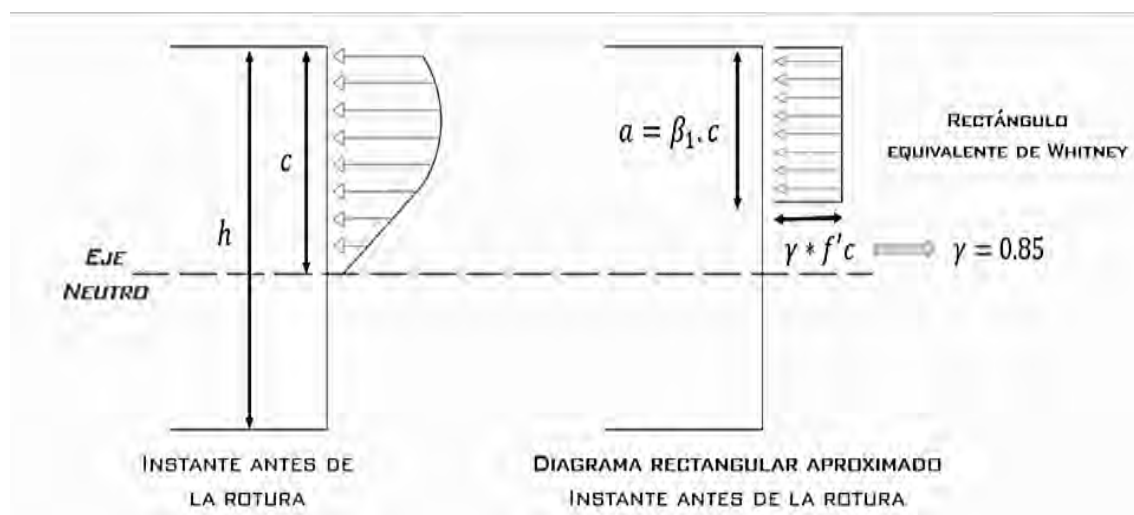
d: peralte efectivo de la viga

AS: área de acero asignado, equivalente a una varilla de 3/8"

Se calcula el valor de a , la altura del rectángulo equivalente de esfuerzos de compresión en el concreto, haciendo equilibrio entre la fuerza resultante de compresión y la fuerza de tracción que aporta el refuerzo de acero.

Figura 100

Diagrama de deformación unitaria



Obteniendo la siguiente expresión:

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} \quad EC. (84)$$

$$a = \frac{0.71 \times 4200}{0.85 \times 254.66 \times 15}$$

$$a = 0.9184 \text{ cm}$$

Seguidamente se calcula el momento máximo nominal M_n

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad Ec. (85)$$

$$M_n = 0.71 \times 4200 \times \left(11 - \frac{0.9184}{2}\right)$$

$$M_n = 31132.6503 \text{ kg.cm} = 0.3143 \text{ ton.m}$$

8.5.5.2 *Para vigas con presencia de corrosión promedio*

Se realiza el diseño, en base a antecedentes, y criterios tomados en la norma E.060 concreto armado del Reglamento Nacional de Edificaciones (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020).

Se aclara que los cálculos son realizados para las vigas fabricadas con acero con presencia de corrosión de 0.51%, y con una la resistencia a compresión del concreto experimental.

Características de la viga		
f_c	254.66	kg/cm ²
f_y	4200	kg/cm ²
H	15	cm
b	15	cm
r	4	cm
d	11	cm
B_1	0.85	
AS	0.653	cm ²

Donde:

f_c : resistencia a la compresión del concreto experimental

f_y : límite de fluencia del acero

H: Peralte de la viga

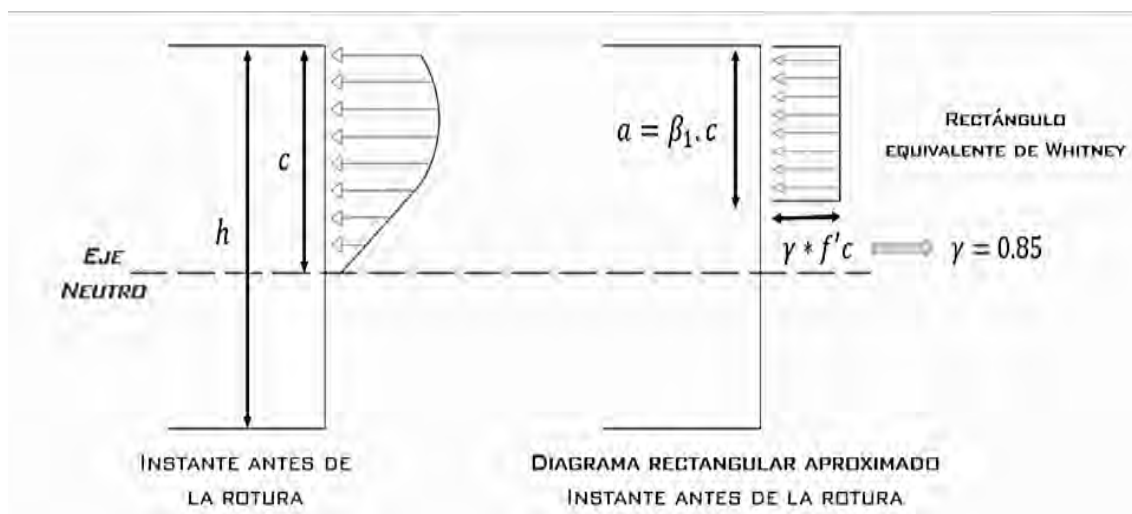
b: ancho de la viga

r: recubrimiento de la viga

d: peralte efectivo de la viga

AS: área de acero asignado, equivalente a una varilla de 3/8"

Se calcula el valor de a, la altura del rectángulo equivalente de esfuerzos de compresión en el concreto, haciendo equilibrio entre la fuerza resultante de compresión y la fuerza de tracción que aporta el refuerzo de acero.

Figura 101*Diagrama de deformación unitaria*

Obteniendo la siguiente expresión:

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} \quad EC. (86)$$

$$a = \frac{0.653 \times 4200}{0.85 \times 254.66 \times 15}$$

$$a = 0.8447 \text{ cm}$$

Seguidamente se calcula el momento máximo nominal M_n

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad Ec. (87)$$

$$M_n = 0.653 \times 4200 \times \left(11 - \frac{0.8447}{2}\right)$$

$$M_n = 29010.2921 \text{ kg.cm} = 0.2901 \text{ ton.m}$$

8.5.5.3 Para vigas con presencia de corrosión máxima

Se realiza el diseño, en base a antecedentes, y criterios tomados en la norma E.060 concreto armado del Reglamento Nacional de Edificaciones (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020).

Se aclara que los cálculos son realizados para las vigas fabricadas con acero con presencia de corrosión de 0.60%, y con una la resistencia a compresión del concreto experimental.

Características de la viga		
f_c	254.66	kg/cm ²
f_y	4200	kg/cm ²
H	15	cm
b	15	cm
r	4	cm
d	11	cm
B_1	0.85	
AS	0.626	cm ²

Donde:

f_c : resistencia a la compresión del concreto experimental

f_y : límite de fluencia del acero

H: Peralte de la viga

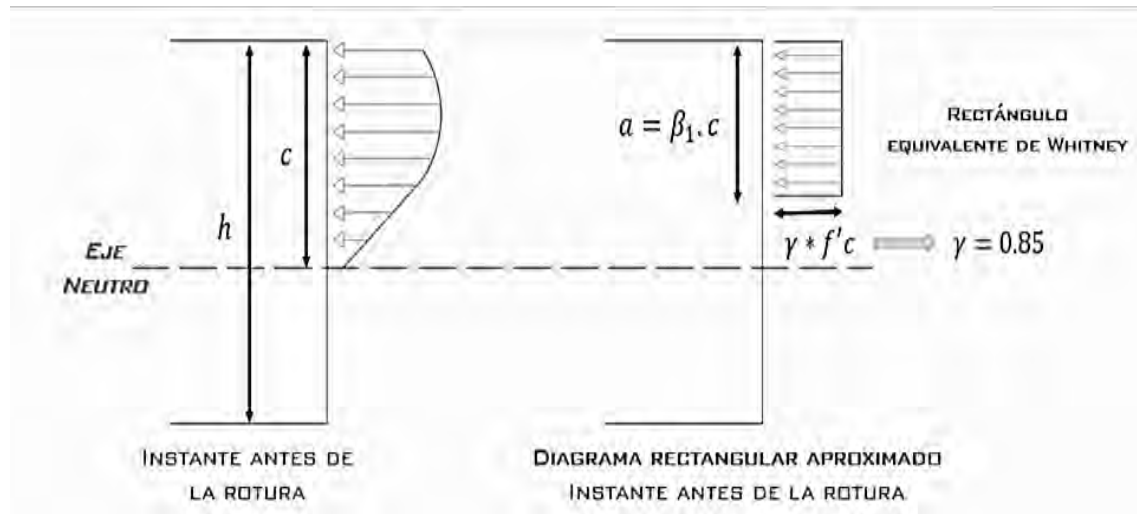
b: ancho de la viga

r: recubrimiento de la viga

d: peralte efectivo de la viga

AS: área de acero asignado, equivalente a una varilla de 3/8"

Se calcula el valor de a, la altura del rectángulo equivalente de esfuerzos de compresión en el concreto, haciendo equilibrio entre la fuerza resultante de compresión y la fuerza de tracción que aporta el refuerzo de acero.

Figura 102*Diagrama de deformación unitaria*

Obteniendo la siguiente expresión:

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'c \times b} \quad EC. (88)$$

$$a = \frac{0.626 \times 4200}{0.85 \times 254.66 \times 15}$$

$$a = 0.8098 \text{ cm}$$

Seguidamente se calcula el momento máximo nominal M_n

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad Ec. (89)$$

$$M_n = 0.626 \times 4200 \times \left(11 - \frac{0.8098}{2}\right)$$

$$M_n = 27856.6984 \text{ kg.cm} = 0.2786 \text{ ton.m}$$

8.5.6 Comparación del Momento último teórico

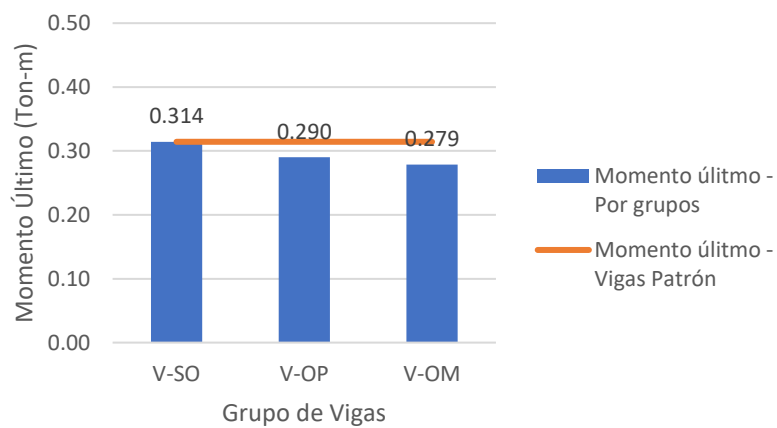
Tabla 83

Resumen comparativo de Momento flector teórico

Nº	Código	Momento flector (ton-m)	Reducción de Mn
1	V-SO	0.314	0.00%
2	V-OP	0.290	7.71%
3	V-OM	0.279	11.38%

Figura 103

Gráfico comparativo de momento último teórico



9 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

9.1 Resultados de porcentaje de corrosión del acero corrugado de 3/8"

Tabla 84

Corrosión de acero corrugado de 3/8"

Muestra	Peso inicial (gr)	Peso día 1	% Corros	Peso día 14	% Corros	Peso día 21	% Corros	Peso día 28	% Corros	Peso día 35	% Corros	Oxido	Peso día 42	Peso día 42	Diferencia de pesos	% Corrosión
	W0		$\Delta W/W0 * 100$		$\Delta W/W0 * 100$		$\Delta W/W0 * 100$		$\Delta W/W0 * 100$		$\Delta W/W0 * 100$			Variado	$\Delta W=W0-W1$	$\Delta W/W0 * 100$
1	53.68	53.75	0.13%	53.78	0.19%	53.8	0.22%	53.83	0.28%	53.89	0.26%	0.08	53.86	53.94	0.26	0.48%
2	53.52	53.56	0.07%	53.63	0.21%	53.62	0.19%	53.68	0.30%	53.73	0.32%	0.08	53.78	53.86	0.34	0.64%
3	53.77	53.82	0.09%	53.87	0.19%	53.86	0.17%	53.92	0.28%	54.01	0.35%	0.08	54.04	54.12	0.35	0.65%
4	53.68	53.72	0.07%	53.77	0.17%	53.78	0.19%	53.81	0.24%	53.88	0.30%	0.08	53.96	54.04	0.36	0.67%
5	53.5	53.58	0.15%	53.6	0.19%	53.65	0.28%	53.69	0.35%	53.75	0.32%	0.08	53.8	53.88	0.38	0.71%
6	53.44	53.52	0.15%	53.58	0.26%	53.57	0.24%	53.58	0.26%	53.65	0.24%	0.08	53.67	53.75	0.31	0.58%
7	52.95	53.07	0.23%	53.04	0.17%	53.05	0.19%	53.08	0.25%	53.14	0.13%	0.08	53.16	53.24	0.29	0.55%
8	54.14	54.15	0.02%	54.26	0.22%	54.29	0.28%	54.31	0.31%	54.38	0.42%	0.08	54.39	54.47	0.33	0.61%
9	53.19	53.25	0.11%	53.29	0.19%	53.36	0.32%	53.36	0.32%	53.41	0.30%	0.08	53.44	53.52	0.33	0.62%
10	53.99	54.02	0.06%	54.08	0.17%	54.09	0.18%	54.14	0.28%	54.18	0.30%	0.08	54.21	54.29	0.3	0.56%
11	53.96	53.95	-0.02%	54.03	0.13%	54.04	0.15%	54.04	0.15%	54.16	0.39%	0.08	54.11	54.19	0.23	0.43%
12	54.29	54.39	0.18%	54.36	0.13%	54.37	0.15%	54.42	0.24%	54.5	0.20%	0.08	54.5	54.58	0.29	0.53%
13	53.22	53.22	0.00%	53.33	0.21%	53.37	0.28%	53.40	0.34%	53.45	0.43%	0.08	53.48	53.56	0.34	0.64%
14	53.39	53.39	0.00%	53.5	0.21%	53.55	0.30%	53.57	0.34%	53.67	0.52%	0.08	53.71	53.79	0.4	0.75%
15	53.37	53.43	0.11%	53.54	0.32%	53.31		53.62		53.4		0.08	53.43	53.51	0.14	

9.2 Resultados de ensayos realizados a los agregados

Los resultados obtenidos del agregado fino de la cantera de Marangani y del agregado grueso de la cantera de Ayaviri son los siguientes:

Tabla 85

Resultados de los agregados

Características	Agregado grueso	Agregado fino
Módulo de fineza	3.030	2.796
Tamaño máximo nominal	1	Nº16
Peso específico	2.69 gr/cm ³	2.70 gr/cm ³
Peso unitario suelto	1354.69 kg/m ³	1605.39 kg/m ³
Peso unitario compactado	1520.46 kg/m ³	1697.65 kg/m ³
Contenido de humedad	0.11%	3.98%
Absorción	2.02%	2.48%

Nota. Resumen de datos de agregados

9.3 Resultados de la dosificación

Tabla 86

Resultados de la dosificación por 1 m³

Elemento	Peso (Kg)
Agua	233.7
Cemento	445.2
Agregado grueso	944.0
Agregado fino	725.0
TOTAL	2347.9

Nota. Resumen de dosificación de concreto para 1 m³

9.4 Resultados de la resistencia a la compresión

Tabla 87

Resultados de las resistencias a compresión

Nº de vigueta	Código	Resistencia (kg/cm2)
1	M-1-1	233.260
2	M-1-2	236.550
3	M-1-3	216.850
4	M-2-1	286.060
5	M-2-2	297.830
6	M-2-3	295.740
7	M-3-1	233.260
8	M-3-2	266.430
9	M-3-3	262.010
10	M-4-1	239.710
11	M-4-2	244.640
12	M-4-3	238.020
13	M-5-1	253.750
14	M-5-2	259.800
15	M-5-3	256.010
16	M-6-1	272.540
17	M-6-2	265.520
18	M-6-3	220.420

Nota. Resumen de resistencia a compresión de briquetas

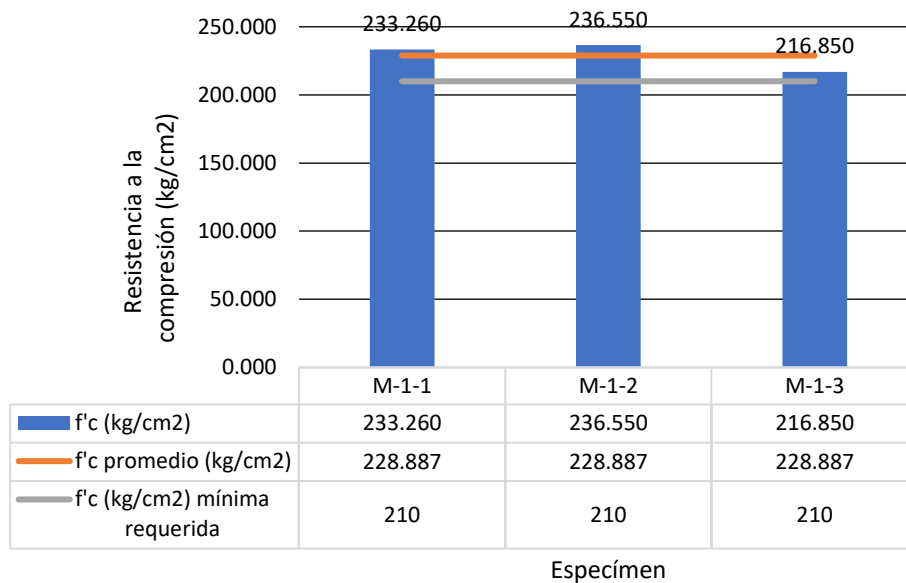
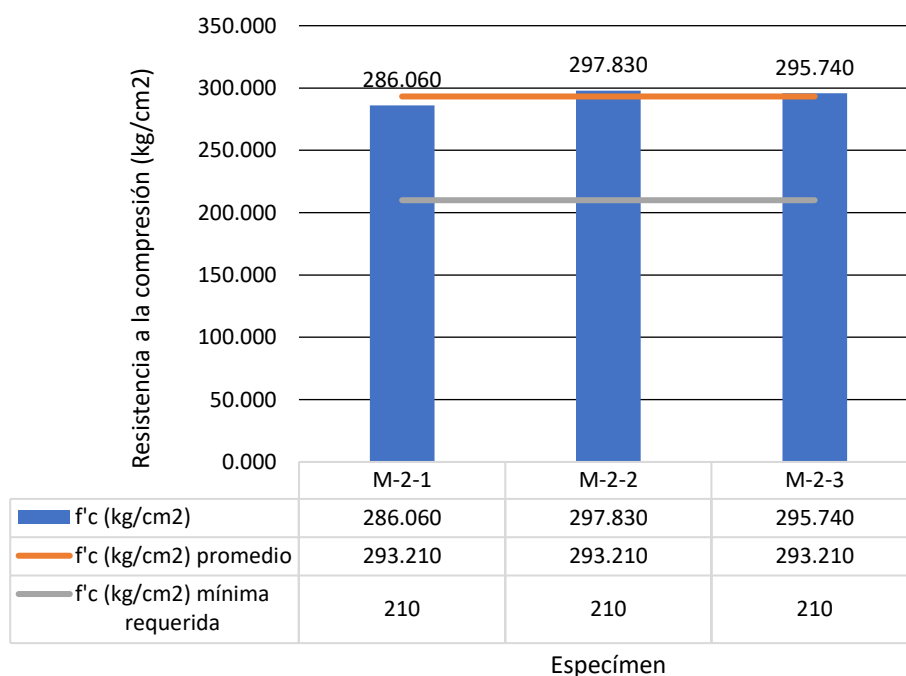
Figura 104*Resultados de resistencia a compresión - Grupo M-1**Nota.* Comparación de resistencia a compresión mínima requerida y alcanzada**Figura 105***Resultados de resistencia a compresión - Grupo M-2**Nota.* Comparación de resistencia a compresión mínima requerida y alcanzada

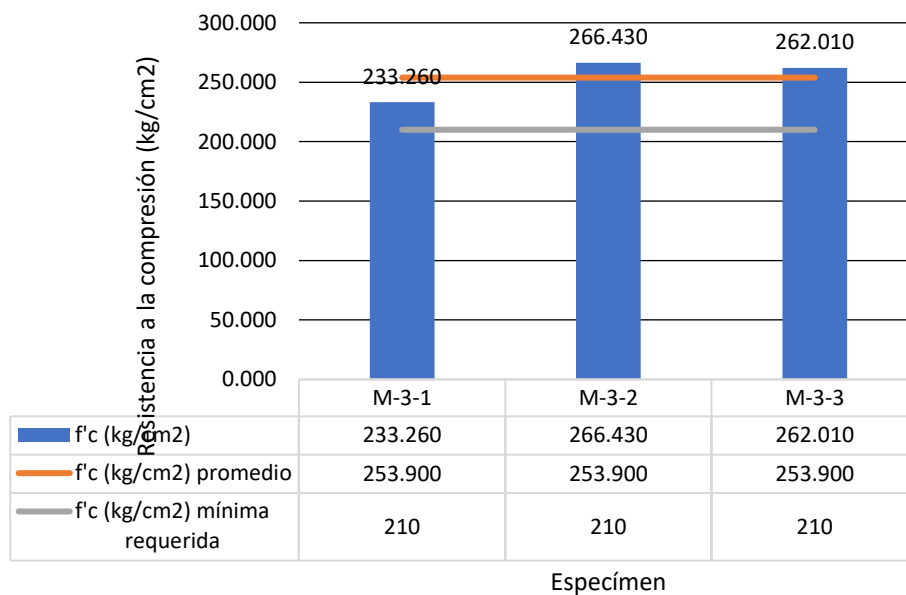
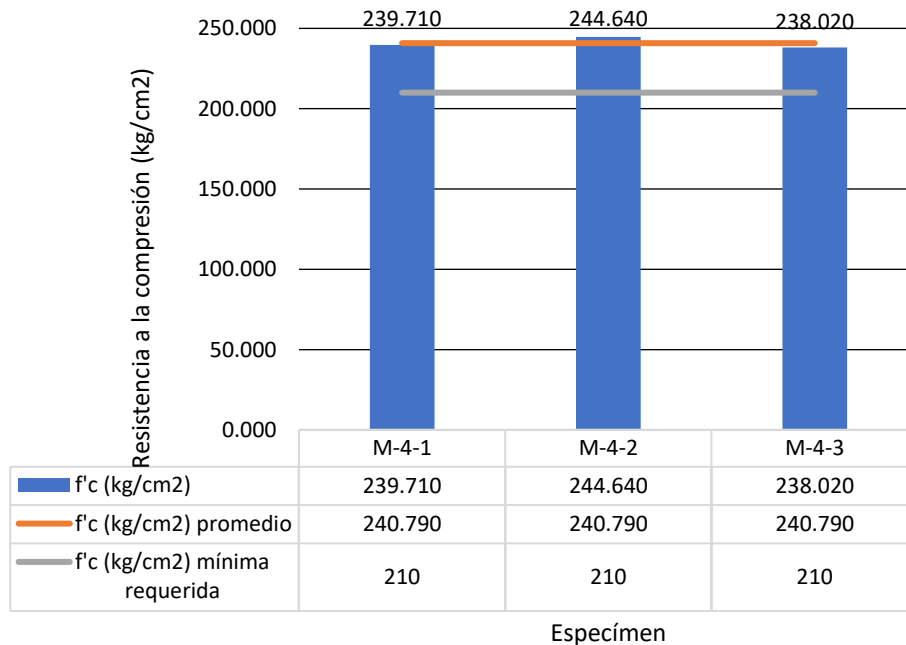
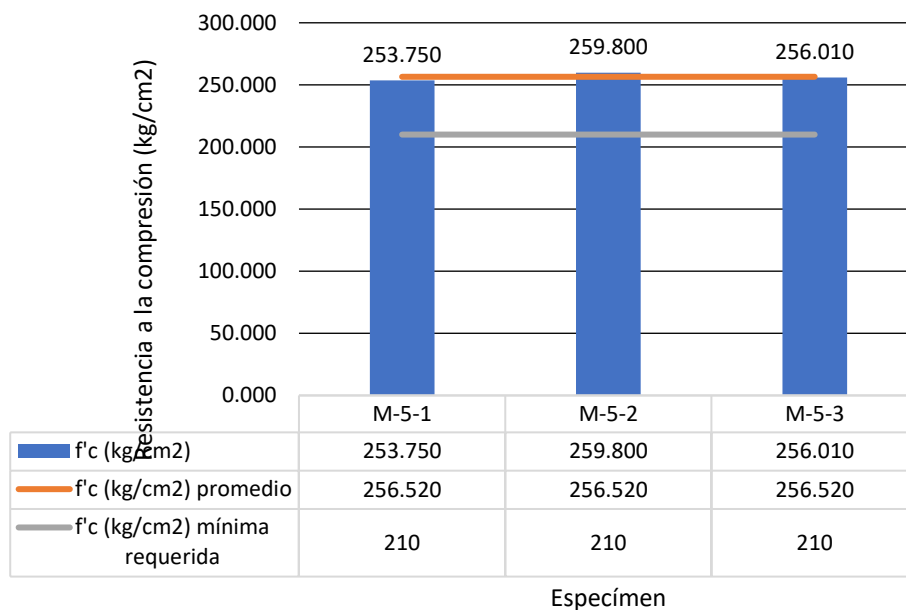
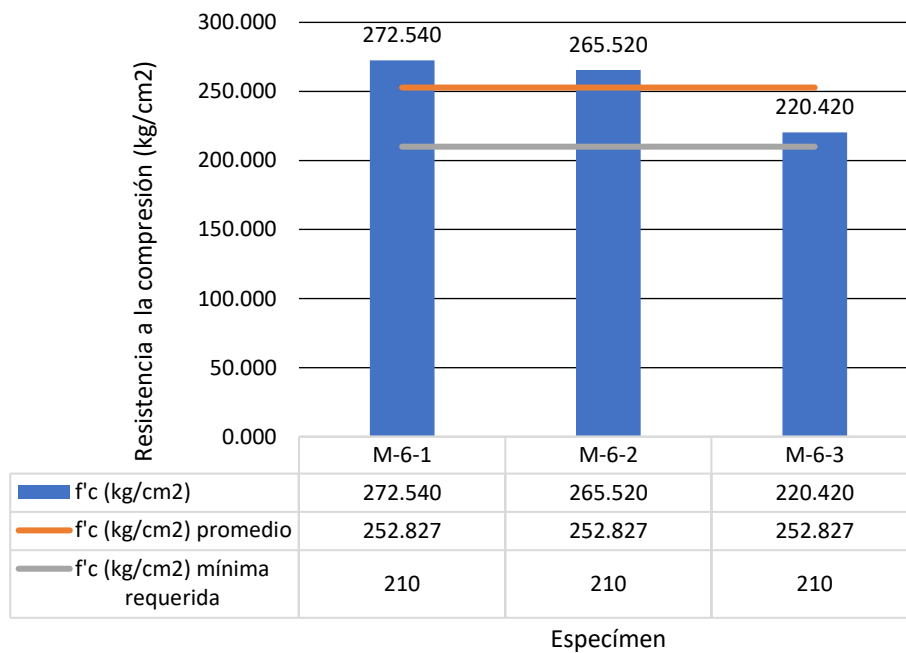
Figura 106*Resultados de resistencia a compresión - Grupo M-3**Nota.* Comparación de resistencia a compresión mínima requerida y alcanzada**Figura 107***Resultados de resistencia a compresión - Grupo M-4**Nota.* Comparación de resistencia a compresión mínima requerida y alcanzada

Figura 108*Resultados de resistencia a compresión - Grupo M-5*

Nota. Comparación de resistencia a compresión mínima requerida y alcanzada

Figura 109*Resultados de resistencia a compresión - Grupo M-6*

Nota. Comparación de resistencia a compresión mínima requerida y alcanzada

Tabla 88

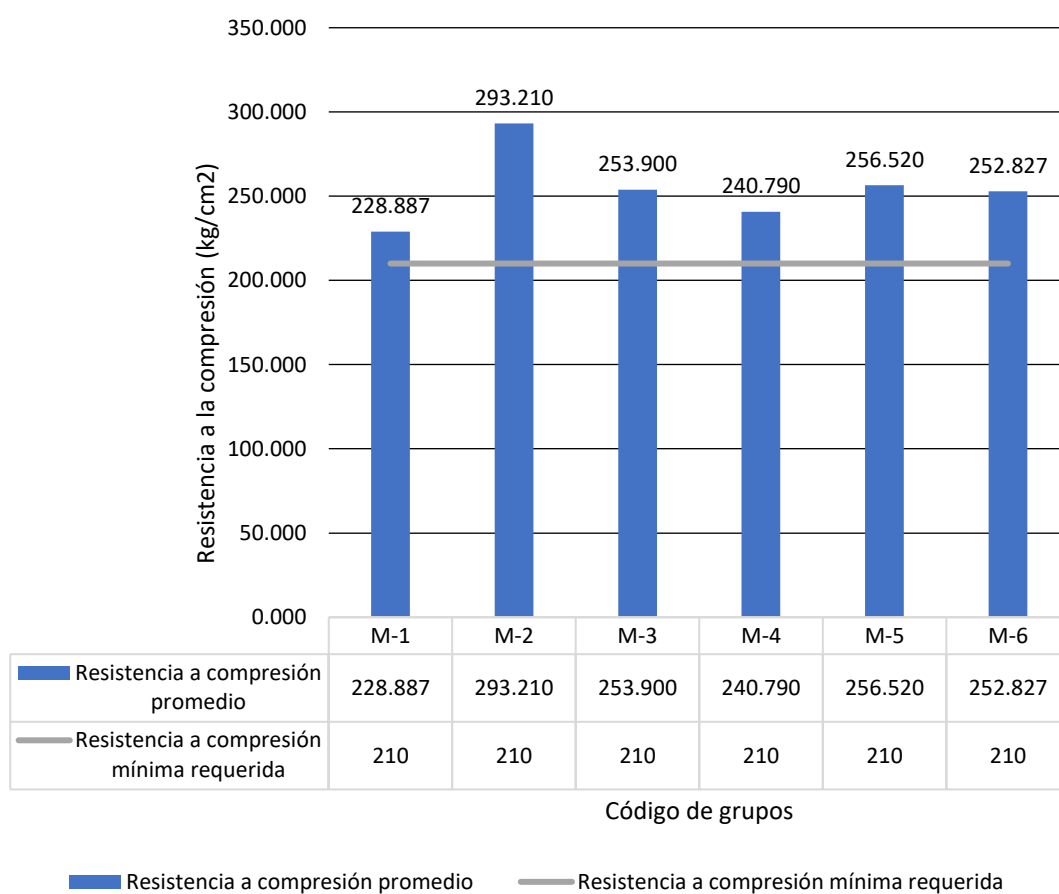
Resumen de las resistencias a compresión promedio por cada grupo

Nº De grupo	Código	Resistencia (kg/cm ²)
1	M-1	228.887
2	M-2	293.210
3	M-3	253.900
4	M-4	240.790
5	M-5	256.520
6	M-6	252.827

Nota. Resistencia a compresión alcanzada

Figura 110

Resistencias a compresión promedio



Nota. Comparación de resistencia a compresión mínima requerida y alcanzada

9.5 Resultados del diseño de viga

Tabla 89

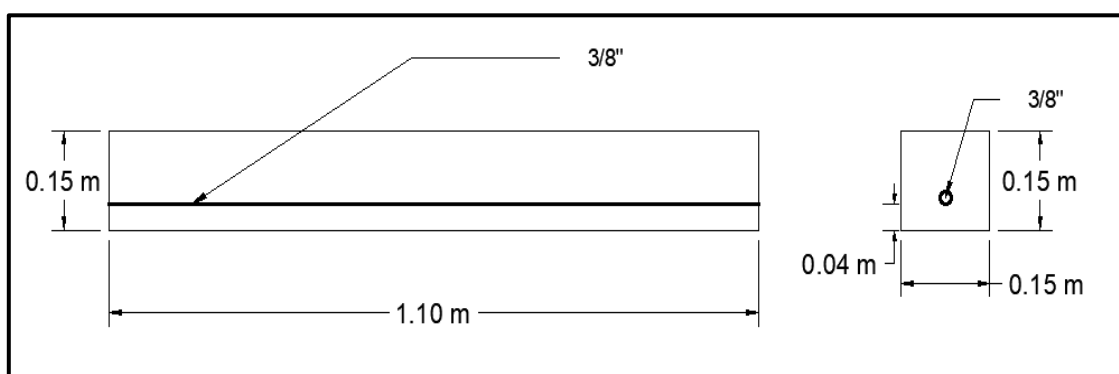
Resumen de diseño de viga

Resistencia a compresión del concreto	f_c	210	kg/cm ²
Fluencia del acero	f_y	4200	kg/cm ²
Peralte de viga	H	15	cm
Ancho de viga	b	15	cm
Recubrimiento	r	4	cm
Peralte efectivo	d	11	cm
Cantidad de aceros	$\emptyset$	1	3/8"
Sección de acero	AS	0.71	cm ²
Cuantía de acero	P	0.43%	

Nota. Resumen de características de la viga diseñada

Figura 111

Plano de diseño de viga



Nota. Plano final de viga a ensayar

Las vigas para el ensayo a flexión presentan el diseño mostrado, aclarando que la longitud entre apoyos es de 0.90 m, además la separación entre los puntos de carga es de 0.30 m.

9.6 Resultados del ensayo de adherencia

9.6.1 Resultados de la fuerza de unión normalizada

Tabla 90

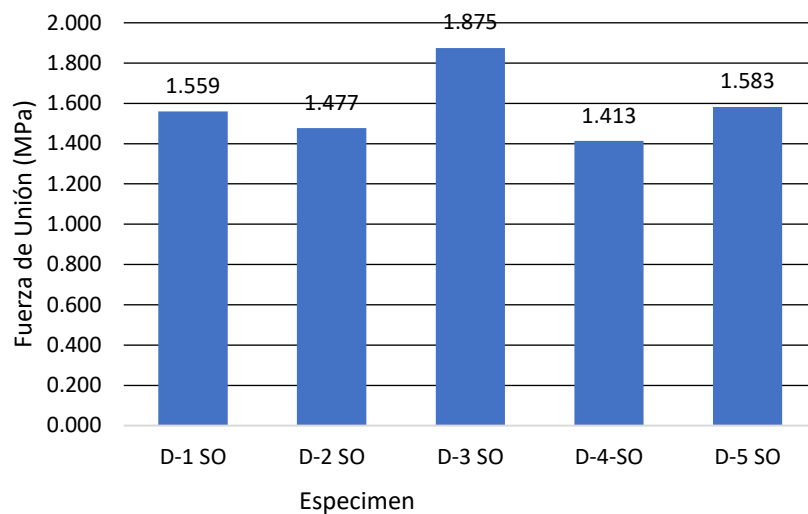
Resultados de la Fuerza de Unión Normalizada

Grupo	N° de dato	Código	Fuerza de unión normalizada (MPa)
Sin corrosión	1	D-1 SO	1.559
	2	D-2 SO	1.477
	3	D-3 SO	1.875
	4	D-4-SO	1.413
	5	D-5 SO	1.583
Corrosión promedio	6	D-1 OP	1.489
	7	D-2 OP	1.457
	8	D-3 OP	1.556
	9	D-4 OP	1.548
	10	D-5 OP	1.568
Corrosión máxima	11	D-1 OM	1.621
	12	D-2 OM	1.536
	13	D-3 OM	1.629
	14	D-4 OM	1.586
	15	D-5 OM	1.483

Nota. Fuerza de unión alcanzada en laboratorio

Figura 112

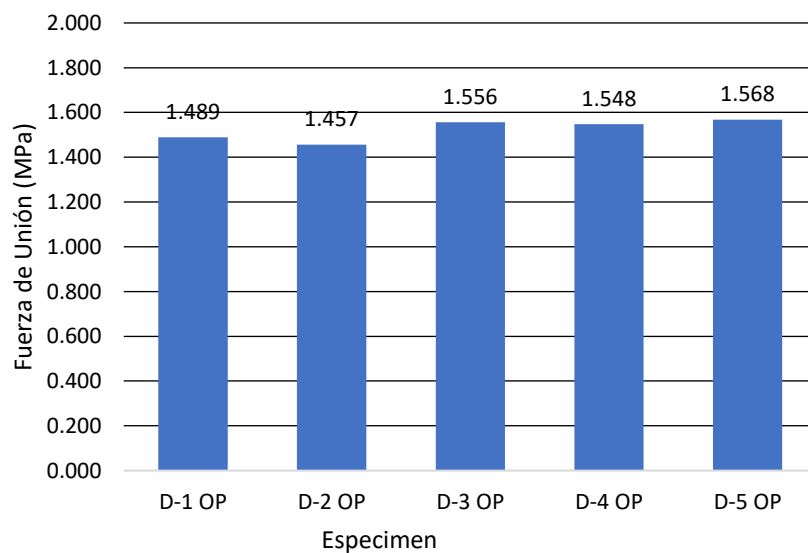
Fuerza de Unión Normalizada - Grupo D – SO (sin presencia de corrosión)



Nota. Fuerza de unión alcanzada en laboratorio del grupo patrón (sin presencia de corrosión)

Figura 113

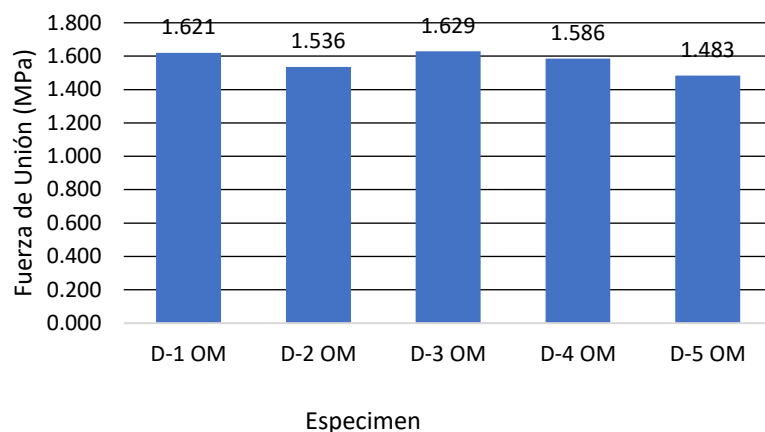
Fuerza de Unión Normalizada - Grupo D – OP (con corrosión promedio)



Nota. Fuerza de unión alcanzada en laboratorio del grupo con corrosión promedio

Figura 114

Fuerza de Unión Normalizada - Grupo D – OM (con máxima corrosión)



Nota. Fuerza de unión alcanzada en laboratorio del grupo con corrosión máxima

Tabla 91

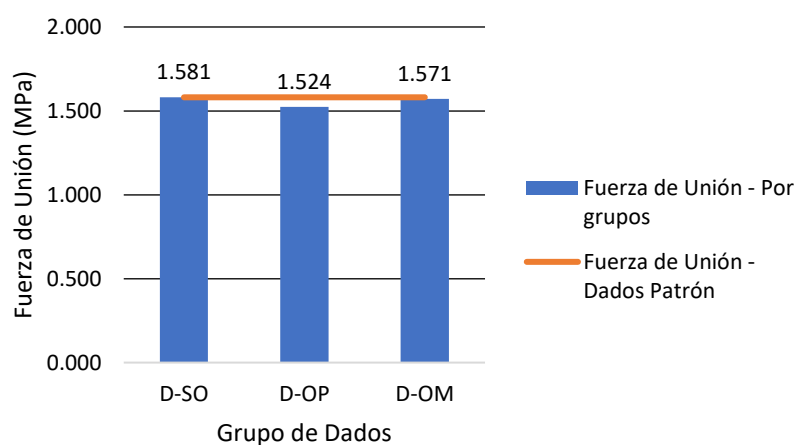
Resumen comparativo de la Fuerza de Unión Normalizada

Nº De grupo	Código	Fuerza de unión (Mpa)	Reducción De T
1	D-SO	1.581	0.00%
2	D-OP	1.524	3.61%
3	D-OM	1.571	0.63%

Nota. Comparativa de fuerza de unión por grupos

Figura 115

Gráfica comparativa de la Fuerza de Unión Normalizada



Nota. Comparativa de fuerza de unión por grupos

9.7 Resultados del ensayo de flexión

9.7.1 Resultados del momento último

Tabla 92

Resultados del Momento Último

Grupo	N° de vigueta	Código	Momento ultimo (ton-m)
Sin corrosión	1	V1-SO	0.946
	2	V2-SO	0.920
	3	V3-SO	0.938
	4	V4-SO	0.960
	5	V5-SO	1.001
Corrosión promedio	6	V1-OP	0.969
	7	V2-OP	0.743
	8	V3-OP	0.960
	9	V4-OP	0.795
	10	V5-OP	0.876
Corrosión máxima	11	V1-OM	0.822
	12	V2-OM	0.818
	13	V3-OM	0.954
	14	V4-OM	1.007
	15	V5-OM	0.775

Nota. Momento ultimo alcanzado por grupos de vigas

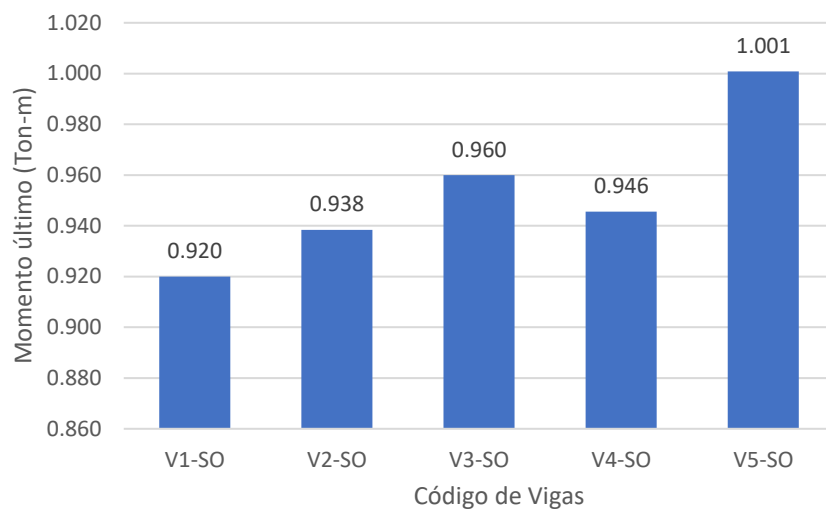
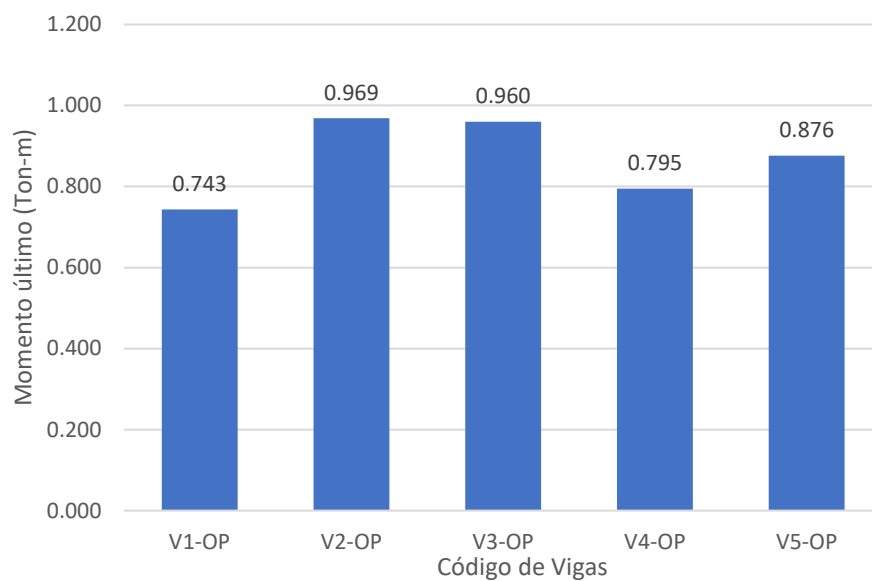
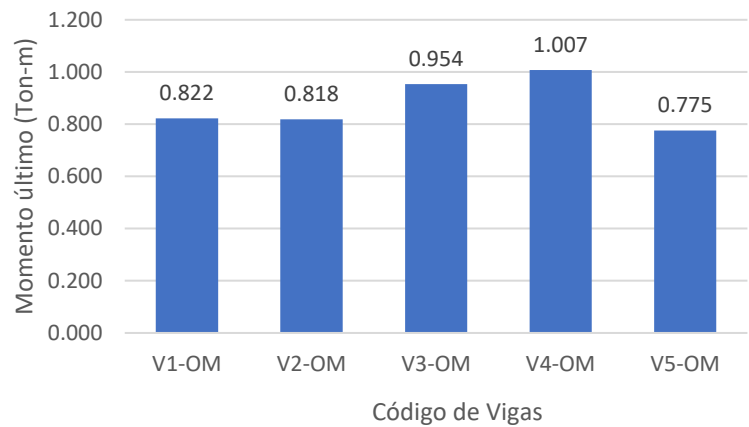
Figura 116*Momento Último - Vigas SO (sin presencia de corrosión)**Nota.* Momento ultimo alcanzado**Figura 117***Momento Último - Vigas OP (con corrosión promedio)**Nota.* Momento ultimo alcanzado

Figura 118

Momento Último - Vigas OM (con máxima corrosión)



Nota. Momento ultimo alcanzado

Tabla 93

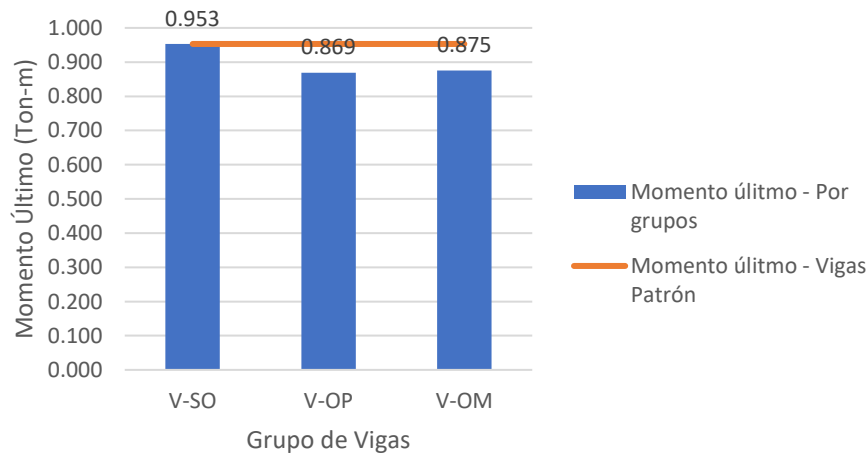
Resumen comparativo de Momento Último

Nº De grupo	Código	Momento ultimo (Ton-M)	Reduccion de mu
1	V-SO	0.953	0.00%
2	V-OP	0.869	8.81%
3	V-OM	0.875	8.18%

Nota. Momento ultimo promedio alcanzado por grupos

Figura 119

Gráfico comparativo de Momento Último



Nota. Momento ultimo alcanzado por grupos de vigas

Tabla 94

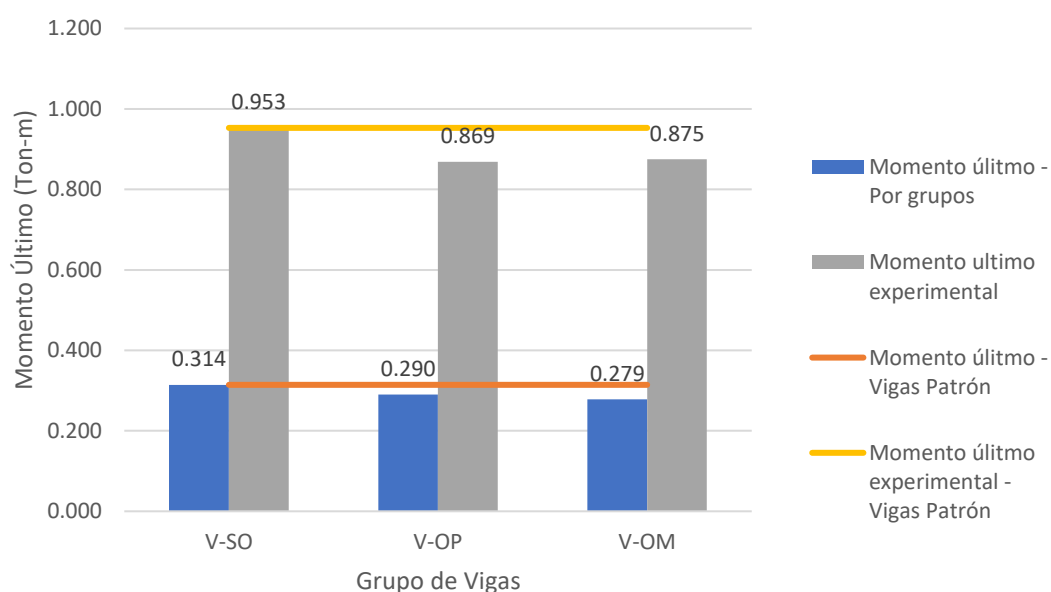
Resumen comparativo de Momento último teórico y experimental

N°	Código	Momento último (ton-m)	Reducción Mn
1	V-SO (teórico)	0.314	0.00%
2	V-OP (teórico)	0.290	7.71%
3	V-OM (teórico)	0.279	11.38%
1	V-SO (experimental)	0.953	0.00%
2	V-OP (experimental)	0.869	8.82%
3	V-OM (experimental)	0.875	8.14%

Nota. Comparación de momento ultimo teórica y en laboratorio

Figura 120

Gráfico comparativo de momento ultimo teórico y experimental



Nota. Comparación de momento ultimo teórica y en laboratorio

10 DISCUSION DE RESULTADOS

10.1 Discusión respecto a los objetivos de investigación

10.1.1 *Discusión del objetivo general*

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Wu et al. (2025), quienes concluyeron que la corrosión acelera el inicio del deterioro estructural y favorece la aparición de fisuras en las vigas de concreto armado. De igual manera, Kennedy y Paulinus (2018) demostraron que la corrosión reduce la adherencia entre el acero y el concreto, resultado que también fue observado en la presente investigación, donde las muestras con acero corroído presentaron una reducción del 3.61 % en la resistencia de adherencia respecto a las muestras sin corrosión.

Asimismo, al comparar los resultados con Moreno et al. (2022), se observa que las vigas corroídas presentaron una menor resistente a la flexión en relación con las vigas de control, La reducción de momento ultimo entre vigas sin corrosión y con corrosión fue de 10.59%, no especifica el grado de corrosión. Por su parte, en el estudio realizado la resistencia a la flexión presenta una reducción del 8.82% para vigas con aceros con 0.60% de corrosión, y una reducción de 8.14% para vigas con aceros con 0.71% de corrosión. Estas diferencias pueden atribuirse a las condiciones de corrosión, dimensiones de los elementos y características de los materiales empleados.

10.1.2 *Discusión del primer objetivo específico*

Según la investigación de Gonzales (2019), en su investigación titulada “Ensayos experimentales de adherencia y corrosión acelerada para barras de acero de refuerzo recubiertas con aditivo anticorrosivo” para realizar los ensayos de corrosión, se aplicó una intensidad de corriente de $2\text{mA}/\text{cm}^2$ para todas las probetas. En las cuales se utilizaron barras de 10 mm de diámetro de 30cm de longitud. Asimismo, se utilizaron tres casos,

donde se tenía muestras recubiertas por producto anticorrosivo MCI, con pintura tradicional y muestras sin recubrimiento, para lo cual obtuvieron que para la varilla de diámetro 10mm, longitud de 30 cm y un peso de 185.1gr, la pérdida de peso a los 28 días de sometido a corrosión sin recubrimiento alguno es de 10.08%, diferente al valor obtenido en el estudio, el cual dio un promedio de 0.28% de pérdida de peso sometido a condiciones diferentes de corrosión, también se observó que el porcentaje de pérdida de peso del acero a los 43 días de sometido a un ensayo de corrosión acelerado es de 11,59%; mientras que para el ensayo de corrosión empleado en la presente investigación solo llega a una variación de peso de 0.64% como máximo. Por lo que las condiciones de exposición a la corrosión es un factor importante en el estudio.

Para el estudio realizado por Castillo & Lucar (2022) se emplearon diferentes métodos para generar la corrosión en el acero, tales como, agua, agua destilada, H₂SO₄ y HNO₃. Considerando los resultados para las condiciones de sumergido solo en agua, se observa que para la semana 4, es decir para los 28 días, el porcentaje de corrosión sumergido de dicha investigación es de 0.26%, según el estudio realizado, el promedio del porcentaje de corrosión obtenido para ese tiempo fue de 0.28%, por lo que indica que la variación es similar en ambas condiciones.

10.1.3 *Discusión del segundo objetivo específico*

Según Moreno et al. (2022), no se observa una gran diferencia en el comportamiento estructural a flexión de las vigas con corrosión, a comparación de las vigas de control. La carga máxima y la ductilidad de desplazamiento de las vigas con y sin corrosión estudiadas fueron similares. En su investigación se utilizaron vigas con dimensiones de 15 cm × 30 cm × 350 cm. El refuerzo longitudinal estuvo conformado por dos barras #4 (13 mm de diámetro) en la zona traccionada y dos barras #3 (9.5 mm de diámetro) en la zona comprimida. A lo largo de un periodo de 166 días se sometieron

las vigas a ciclos alternados de humedecimiento y secado con el fin de provocar corrosión acelerada. El proceso de humedecimiento se realizó cada 12 horas, utilizando en una ocasión agua potable y en la siguiente una solución salina con una concentración del 3.5%. La reducción de la flexión entre las vigas corroídas y las vigas de referencia alcanzó un valor de 10.59%. En el estudio realizado, se observa que la reducción de la flexión entre las vigas corroídas y las vigas de referencia alcanzo un valor de 8.82%. Lo que implica que existe cierta variación entre ambas relaciones, debido a las dimensiones de las vigas y la exposición a la corrosión.

10.1.4 *Discusión del tercer objetivo específico*

Según Kennedy & Paulinus (2018) su investigación evaluó el efecto de la corrosión sobre la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto, así como la capacidad de un recubrimiento natural a base de resinas del árbol *Ficus Glumosa* para proteger dicha interfaz. Para ello, el acero fue recubierto con capas de resina de diferentes espesores, embebido en cubos de concreto de 15 cm × 15 cm × 15 cm y expuesto durante 60 días a un medio salino con cloruro de sodio con el fin de acelerar el proceso corrosivo. Los resultados evidenciaron que los cubos sin recubrimiento desarrollaron corrosión, mientras que los elementos tratados con resina mostraron un mejor comportamiento. En las muestras revestidas, la resistencia de adherencia se incrementó en un 62,40 % respecto a las muestras sin protección. Los elementos de concreto corroídos presentaron una reducción del 38,80 % en la adherencia en comparación con las piezas no corroídas y recubiertas. Estos hallazgos demuestran que la corrosión afecta significativamente la unión acero–concreto. Por su parte, en el estudio realizado se determinó que la adherencia entre el acero y el concreto en muestras elaboradas con acero corroído en un 0,60 % alcanzó un valor de 1,524 MPa, lo que equivale a una disminución del 3,61 % en comparación con las muestras fabricadas con acero no corroído. A diferencia del estudio

mencionado anteriormente, la reducción porcentual de la adherencia es considerablemente menor, lo cual se atribuye a las diferencias en las dimensiones del dado, la dosificación del concreto, las condiciones de corrosión aplicadas y al método del ensayo para el presente estudio se realizó ensayo por compresión y no un ensayo por extracción.

Para el estudio realizado por Castillo & Lucar (2022) emplearon también un ensayo por extracción, donde se observó que la tensión variada incrementado 1% para muestras un mes de corrosión, una reducción de 4% en muestras de 2 meses de corrosión y otra reducción de 9% en muestras 3 meses de corrosión, Por su parte, en el estudio realizado se determinó, que la tensión presenta una reducción del 3.61% para 5 semanas de corrosión, y una reducción del 0.63% en muestras de 6 semanas corrosión

Tabla 95

Resumen de discusión por antecedentes

AUTOR	TITULO	MUESTRA	PROCESO	CONCLUSION	COMPARACION
Wu et al.	“Comportamiento de la unión por fatiga entre la barra de refuerzo corroída y el hormigón”	Once vigas de concreto armado con dimensiones de 12 cm × 20 cm × 150 cm	Las vigas corroídas como las no corroídas presentan un modo de falla similar al observado bajo cargas estáticas.	En ambos casos, el deslizamiento se desarrolla en tres etapas; no obstante, en las vigas afectadas por corrosión la primera etapa es más corta, representando aproximadamente el 5 % del proceso total, mientras que en las vigas sin corrosión alcanza cerca del 10 %. Esto sugiere que la corrosión acelera el inicio del deterioro estructural. Las características de las vigas de este estudio son diferentes en dimensiones respecto al estudio realizado, pero las conclusiones a las que se llega son las mismas, es decir que la corrosión en los aceros de refuerzo acelera el inicio del daño en la viga.	Las características de las vigas de este estudio son diferentes en dimensiones respecto al estudio realizado, pero las conclusiones a las que se llega son similares, es decir que la corrosión en los aceros de refuerzo acelera reduce la resistencia de la viga
Kennedy & Paulinus	“Effect of Corrosion on Bond between Steel and Concrete of Corroded and Inhibitive Reinforcement Embedded In Reinforced Concrete Structures in Accelerated Corrosive Medium”,	Acero recubierto con capas de resina de diferentes espesores, embebido en cubos de concreto de 15 cm × 15 cm × 15 cm	Expuesto durante 60 días a un medio salino con cloruro de sodio con el fin de acelerar el proceso corrosivo.	Los cubos sin recubrimiento desarrollaron corrosión, mientras que los elementos tratados con resina mostraron un mejor comportamiento. En las muestras revestidas, la resistencia de adherencia se incrementó en un 62,40 % respecto a las muestras sin protección. En contraste, los elementos de concreto corroídos presentaron una reducción del 38,80 % en la resistencia de adherencia en comparación con las piezas no corroídas y recubiertas. En conjunto, estos hallazgos demuestran que la corrosión afecta significativamente la unión acero-concreto, mientras que el uso de resinas/exudados de Ficus Glumosa resulta efectivo como protección anticorrosiva y mejora notablemente el desempeño mecánico del sistema.	En el estudio realizado se determinó que la adherencia entre el acero y el concreto en muestras elaboradas con acero corroído en un 0,60 % alcanzó un valor de 1,524 MPa, lo que equivale a una disminución del 3,61 % en comparación con las muestras fabricadas con acero no corroído. A diferencia del estudio mencionado anteriormente, la reducción porcentual de la adherencia es considerablemente menor, lo cual se atribuye a las diferencias en las dimensiones del dado, la dosificación del concreto y las condiciones de corrosión aplicadas.

Gonzales	“Ensayos experimentales de adherencia y corrosión acelerada para barras de acero de refuerzo recubiertas con aditivo anticorrosivo”	Barras de 10 mm de diámetro de 30cm de longitud. se tenía muestras recubiertas por producto anticorrosivo MCI, con pintura tradicional y muestras sin recubrimiento	Para realizar los ensayos de corrosión, se aplicó una intensidad de corriente de 2mA/cm2 para todas las probetas.	Para la varilla de diámetro 10mm, longitud de 30 cm, la pérdida de peso a los 28 días de sometido a corrosión sin recubrimiento alguno es de 10.08%, el porcentaje de pérdida de peso del acero a los 43 días de sometido a un ensayo de corrosión acelerado es de 11,59%. Por lo que las condiciones de exposición a la corrosión es un factor importante en el estudio.	Para el ensayo de corrosión empleado en la presente investigación solo llega a una variación de peso de 0.64% como máximo.
Castillo & Lucar	“Resistencia y capacidad de adherencia con el concreto del acero de refuerzo sometido a agentes corrosivos”	Realizado vigas de 15x08x50cm, y dados de concreto de 10x10x20cm, con aceros embebidos de 1/4"	Se emplearon diferentes métodos para generar la corrosión en el acero, tales como, agua, agua destilada, H2SO4 y HNO3. Ensayos de adherencia y ensayos a flexión en 4 puntos.	Para la semana 4, es decir para los 28 días, el porcentaje de corrosión sumergido de dicha investigación es de 0.26%. La tensión variada incrementado 1% para muestras un mes de corrosión, una reducción de 4% en muestras de 2 meses de corrosión y otra reducción de 9% en muestras 3 meses de corrosión, La flexión redujo 14.22% en un mes de corrosión, redujo en 5.52% en dos meses de corrosión, y redujo en 18.36% en 3 meses de corrosión.	La variación es similar en las mismas condiciones, llegándose a 0.29% a los 28 días La tensión presenta una reducción del 3.61% para 5 semanas de corrosión, y una reducción del 0.63% en muestras de 6 semanas corrosión. La flexión reducción del 8.82% para 5 semanas de corrosión, una reducción de 8.14% en muestras de 6 semanas de corrosión
Moreno et al.	“Comportamiento a flexión de vigas de concreto reforzado con parámetros electroquímicos asociados con un nivel de corrosión alto”	Vigas con dimensiones de 15 cm × 30 cm × 350 cm. El refuerzo longitudinal estuvo conformado por dos barras #4 en la zona traccionada y dos barras #3 en la zona comprimida	Vigas elaboradas con concreto contaminado con cloruros y se sometieron a ciclos alternados de humedecimiento y secado con el fin de provocar corrosión acelerada. El proceso de humedecimiento se realizó cada 12 horas, usando en una ocasión agua potable y en la siguiente una solución salina con concentración del 3.5%.	La reducción de momento ultimo entre vigas sin corrosión y con corrosión fue de 10.59%, no especifica el grado de corrosión	La resistencia a la flexión presenta una reducción del 8.82% para vigas con aceros con 0.60% de corrosión, y una reducción de 8.14% para vigas con aceros con 0.71% de corrosión

10.2 Discusión personal

Resistencia a la compresión del concreto

Los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión evidenciaron que las briquetas de concreto alcanzaron valores superiores a la resistencia de diseño establecida de 210 kg/cm². Este comportamiento puede atribuirse principalmente a la adecuada dosificación de los materiales y al empleo de una relación agua-cemento de 0.54, la cual permitió obtener una mezcla con suficiente trabajabilidad sin comprometer significativamente la resistencia mecánica del concreto. Los resultados obtenidos demuestran que el concreto empleado en la investigación presentó una adecuada calidad, garantizando que las variaciones observadas posteriormente en los ensayos de adherencia y flexión estuvieran asociadas principalmente al estado de corrosión de las barras de acero y no a deficiencias propias de la matriz de concreto. La obtención de resistencias superiores a las previstas también evidencia un adecuado proceso de mezclado, compactación y curado de las probetas, factores determinantes en el desarrollo de la resistencia final del concreto.

Proceso de corrosión inducida en las barras de acero corrugado de 3/8"

Para realizar la corrosión inducida de las barras de acero corrugado de 3/8", se buscó reproducir condiciones similares a las que se presentan en las viviendas autoconstruidas de la ciudad de Sicuani. Por ello, las barras fueron expuestas al aire libre, sometidas directamente a la acción de la lluvia, la humedad ambiental y el viento durante el periodo de evaluación. Con el propósito de monitorear el avance del proceso corrosivo, se realizaron registros periódicos cada siete días, controlando las variaciones de peso de cada barra. Conforme transcurrió el tiempo de exposición, se observó una disminución progresiva de la masa de los aceros, producto de la formación de óxido y la pérdida

gradual de material. Este procedimiento permitió obtener barras con diferentes niveles de corrosión, representando de manera más cercana las condiciones reales que pueden presentarse en elementos estructurales expuestos al ambiente. Asimismo, se pudo evidenciar que la corrosión no solo afecta la apariencia superficial del acero, sino que también genera una reducción de su sección resistente, aspecto que posteriormente influye en su comportamiento dentro de los ensayos de adherencia y resistencia a la flexión.

Ensayo de adherencia acero-concreto

El ensayo de adherencia se encuentra contemplado en la normativa ASTM y es comúnmente conocido como ensayo Pull-Out, el cual consiste en aplicar una fuerza de extracción sobre una barra de acero embebida en concreto para evaluar la capacidad de adherencia entre ambos materiales. Sin embargo, debido a las condiciones y equipos disponibles para la investigación, fue necesario adaptar el procedimiento experimental. Para ello, se diseñó un sistema que permitió realizar la evaluación utilizando la máquina de compresión del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. En lugar de aplicar una fuerza de extracción, se generó un esfuerzo de empuje sobre la barra de acero, manteniendo el mismo principio de evaluar la interacción entre el concreto y el refuerzo. Durante el desarrollo del ensayo se observó el comportamiento de las barras sometidas a diferentes niveles de corrosión, verificándose que el estado superficial del acero influye directamente en la capacidad de adherencia. A medida que la corrosión se hacía más evidente, la transferencia de esfuerzos entre el acero y el concreto tendía a disminuir, debido a la alteración de los corrugados y a la presencia de productos de oxidación en la superficie de la barra. Estos resultados permiten comprender la importancia de mantener

en buen estado el acero de refuerzo, ya que la adherencia constituye uno de los mecanismos fundamentales para el trabajo conjunto del concreto armado.

Resistencia a la flexión de las vigas de concreto armado

Durante los ensayos de flexión, todas las vigas presentaron fisuras localizadas dentro del tercio central de la luz, zona donde se concentra el momento flector máximo según la teoría de resistencia de materiales. Este comportamiento confirma que el sistema de carga aplicado permitió desarrollar adecuadamente el mecanismo de falla esperado para vigas simplemente apoyadas sometidas a flexión. Las vigas reforzadas con barras que presentaban mayores niveles de corrosión mostraron menores capacidades resistentes y mayores deformaciones antes de alcanzar la falla. Este comportamiento se encuentra directamente relacionado con la pérdida de sección transversal del acero y con la disminución de la adherencia entre el acero y el concreto. Ambos fenómenos reducen la capacidad del refuerzo para absorber esfuerzos de tracción, provocando una disminución de la capacidad portante del elemento estructural. Adicionalmente, la presencia de corrosión genera una distribución menos uniforme de los esfuerzos internos, favoreciendo la aparición prematura de fisuras y acelerando el proceso de degradación estructural. En consecuencia, los resultados obtenidos demuestran que la corrosión del acero constituye un factor determinante en la reducción de la resistencia a la flexión de las vigas de concreto armado.

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1 CONCLUSIONES

11.1.1 Conclusiones para el objetivo general

Mediante un proceso de investigación experimental y validación en laboratorio, se ha determinado que el grado de corrosión presente en las varillas de acero corrugado presenta una relación inversamente proporcional a la resistencia a la flexión de elementos estructurales, en este caso vigas de 15cm x 15cm x 110 cm con un acero de refuerzo con un recubrimiento de 4cm, en viviendas autoconstruidas. A medida que el porcentaje de corrosión presente en las varillas de acero se incrementa, la resistencia a la flexión de las vigas se disminuye. Una corrosión promedio de 0.60% en los aceros, genera una reducción de la flexión en 8.82% en comparación a vigas fabricadas con aceros sin corrosión.

11.1.2 Conclusiones para los objetivos específicos

Para el primer objetivo específico se obtuvo que el grado de corrosión más frecuente registrado en barras de acero utilizadas para la construcción de elementos estructurales en viviendas autoconstruidas en la ciudad de Sicuani 2025 es de 0.64%, según las muestras recogidas de aceros corroídos.

En cuanto al segundo objetivo específico, se determinó que la resistencia a la flexión en vigas fabricadas 15cm x 15cm x 110 cm con acero corroído en un 0.60%, con un recubrimiento de 4cm es de 0.869 ton-m lo que representa una reducción del 8.82% en comparación a las vigas fabricadas con aceros sin presencia de corrosión.

Tercer objetivo específico, la adherencia en compresión entre el acero y concreto en muestras fabricadas con acero corroído en un 0.60% es de 1.524 MPa, lo que

representa una reducción del 3.61% en comparación a las muestras fabricadas con aceros sin presencia de corrosión.

11.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la municipalidad provincial de Canchis realizar una evaluación de las condiciones en las cuales se realiza la construcción de viviendas autoconstruidas en la ciudad de Sicuani, con el fin de salvaguardar la seguridad de las personas. Se recomienda informar e instruir a los propietarios de viviendas en construcción, maestros de obra y proveedores de materiales, sobre el cuidado y almacenamiento adecuado de materiales para garantizar calidad y durabilidad.
2. Se recomienda para otras investigaciones, realizar el estudio tomando en cuenta un mayor porcentaje de corrosión y el uso diferentes espesores de varillas planteado en la presente investigación.
3. Se recomienda que se controle adecuadamente la calidad del concreto, sobre todo la relación agua cemento y el correcto vibrado, en las viviendas autoconstruidas, con la finalidad de reducir la permeabilidad y también evitar el avance de la corrosión en las barras de acero.
4. Se recomienda para otras investigaciones estudiar si el agua utilizada para la fabricación y curado de concreto afecta a la corrosión, ya sea agua de lluvia u otras utilizadas en obra.
5. Se recomienda realizar investigaciones con diferentes ensayos enfocados en la adherencia, obtener resultados la fuerza de unión directa e indirectamente.
6. Se recomienda realizar otras investigaciones para estudiar si la corrosión afecta a las estructuras en la resistencia a fuerzas cortantes.

REFERENCIAS

- Aceros Arequipa. (2019a). *Fierro Corrugado ASTM A615—GRADO 60 / NTP 341.031—GRADO 420* [Ficha técnica]. www.acerosarequipa.com
- Aceros Arequipa. (2019b). *Fierro corrugado ASTM A706-GRADO 60/NTP 339.186-GRADO 40* [Ficha técnica]. www.acerosarequipa.com
- American Concrete Institute. (2014). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14) [and] Commentary on Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318R-14)*. https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/318-14_preview1.pdf
- American Society for Testing and Materials. (2015). *Standard Test Method for Comparing Bond Strength of Steel Reinforcing Bars to Concrete Using Beam-End Specimens*. [Www.Astm.Org. https://store.astm.org/a0944-10r15.html](https://store.astm.org/a0944-10r15.html)
- American Society for Testing and Materials. (2022). *ASTM C128*. [www.astm.org. https://es.scribd.com/document/570830490/ASTM-C128-15](https://es.scribd.com/document/570830490/ASTM-C128-15)
- American Society for Testing and Materials. (2025). *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate*. [Www.Astm.Org. https://store.astm.org/c0128-25.html](https://store.astm.org/c0128-25.html)
- Aquino Cusquisibán, S. E. (2019). *Variación de la resistencia a la flexión de vigas de concreto armado reforzadas con láminas de fibras de carbono (CFRP)*.
- Baez, S., Tristancho, J. L., & Peña, D. Y. (2025). La espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) aplicada al estudio del mecanismo de la corrosión en caliente por sales fundidas. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/26460729_La_espectroscopia_de_impedancia_electroquimica_EIS_aplicada_al_estudio_del_mecanismo_de_la_corrosion_en_caliente_por_sales_fundidas

- Bevans, R. (2020). An Introduction to t Tests | Definitions, Formula and Examples. *Scribbr*. <https://www.scribbr.com/statistics/t-test/>
- Bonilla, S., Gutiérrez, K., Osorio, F., & Sánchez, M. (2020). *Equipos de Laboratorio* (Vol. 3). Escuela tecnologica quimica, Universidad tecnologica de Pereira.
- Castillo, M., & Lucar, J. (2022). *Resistencia y capacidad de adherencia con el concreto del acero de refuerzo sometido a agentes corrosivos* [Pregrado, Repositorio digital Universidad Andina del Cusco]. <https://repositorio.uandina.edu.pe/item/873f193c-d084-4f5c-892f-15b649c4327a>
- Castro, A. (2015). *Recoleccion de datos: Fichas*. WORDPRESS. <https://melpe025.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/lasfichas-amycastro14215.pdf>
- Claros, E. (2025). *Rigidez de las estructuras y resistencia del concreto*.
- Construction Technical Note. (2010). *Frequently Asked Questions(FAQ) about Reinforcing Bars*. Large Concrete. <https://www.largoconcrete.com/>
- Cordero, G. D., Cárdenas, J. A., & Rojas Suarez, J. P. (2018). *Diseño de mezclas de concreto aplicando el método ACI* [Text.Chapter]. editorial-ufps. <https://libros.ufps.edu.co/index.php/editorial-ufps/catalog/view/25/20/678>
- Domínguez Ramírez, N. (2013). *La adherencia en el concreto reforzado: Breve revisión histórica de la investigación del fenómeno*.
- Duran, I., & Velasquez, L. (2019). *Resistencia a la flexión de vigas de concreto armado, reforzadas y reparadas adicionando barras de acero con aditivo epóxico* (UNHEVAL).
- Gamarra, B. Y. B. (2004). *CURSO BASICO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO PARA INGENIEROS CIVILES*.

[https://www.academia.edu/9191423/CURSO_BASICO_DE_TECNOLOGIA_D
EL_CONCRETO_PARA_INGENIEROS_CIVILES](https://www.academia.edu/9191423/CURSO_BASICO_DE_TECNOLOGIA_D_EL_CONCRETO_PARA_INGENIEROS_CIVILES)

González, F. L. (2019). *Ensayos experimentales de adherencia y corrosión acelerada para barras de acero de refuerzo recubiertas con aditivo anticorrosivo*.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173775>

Harmsen, T. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado* (tercera edición). Pontificia Universidad Católica del Perú.

Hernández Sampieri, R., Fernandez-Collado, C. F., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (P. Baptista Lucio, Ed.; Sexta edición). McGraw-Hill Education.

Hingorani, R., Perez, F., Sanchez, J., Fullea, J., Andrade, C., & Tanner, P. (2012). *PÉRDIDA DE DUCTILIDAD Y DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS POR CORROSIÓN EN LAS ARMADURAS PASIVAS*.

Instituto Nacional de Calidad. (2014). *Norma tecnica peruana NTP 400.037*. INACAL portal. <http://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>

Instituto Nacional de Calidad. (2015). *NTP 339.084: Método para determinar la resistencia del concreto*. INACAL portal. <http://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>

Instituto Nacional de Calidad. (2025a). *NTP 339.033: Concreto-elaboracion y curado de especimenes*. INACAL portal. <http://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>

Instituto Nacional de Calidad. (2025b). *NTP 339.078: Ensayo de flexión en vigas*. INACAL portal. <http://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>

- Instituto Nacional de Calidad. (2025c). *NTP 339.183: Elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*. INACAL portal. <http://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- Kennedy, C., & Paulinus, A. (2018). *Effect of Corrosion on Bond between Steel and Concrete of Corroded and Inhibitive Reinforcement Embedded In Reinforced Concrete Structures in Accelerated Corrosive Medium*. ResearchGate. <https://doi.org/10.9790/1684-1502046066>
- Lower, S. (2022, octubre 30). *Corrosión Electroquímica*. LibreTexts Español. [https://espanol.libretexts.org/Bookshelves/Quimica/Qu%C3%ADmica_General/Libro%3A_Chem1_\(Inferior\)/16%3A_Electroqu%C3%ADmica/16.08%3A_Corrosi%C3%B3n_Electroqu%C3%ADmica](https://espanol.libretexts.org/Bookshelves/Quimica/Qu%C3%ADmica_General/Libro%3A_Chem1_(Inferior)/16%3A_Electroqu%C3%ADmica/16.08%3A_Corrosi%C3%B3n_Electroqu%C3%ADmica)
- Lozano Ramírez, M. (2011). *Gestión de viviendas autoconstruidas en asentamientos humanos de Lima* [Masters, E.U. de Arquitectura Técnica (UPM)]. (east=-77.042754; north=-12.0463731; name=Lima, Peru). <https://oa.upm.es/9319/>
- Martinez Herrera, R. (2002). *El acero de refuerzo y su uso en la construcción* [Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/388e736d-3971-4843-ab8f-facd17bd7a03/content>
- Molina Andino, P. N. (2018). *Estudio electroquímico comparativo de aceros al carbono utilizados como acero de refuerzo embebidos en concreto y expuestos en un ambiente marino-tropical: Efecto del tratamiento térmico* [Maestría, Universidad Veracruzana]. <https://www.uv.mx/veracruz/mic/files/2022/04/Molina-Aldino-Pedro-Nicolas-comprimido.pdf>
- numiqo. (2021). *T-Test, Chi-Square, ANOVA, Regression, Correlation...* numiqo.es. <https://numiqo.es/tutorial/paired-t-test>

- Rivva. (2004). *Materiales para El Concreto* [ICG]. Instituto de la Construcción y Gerencia | ICG | Construcción.
https://www.construccion.org/?srsltid=AfmBOoqOaiBR3d_xMGE5TE1ZjIBKZRG_hrG1QVHGmWXRdNj4XxJ1i_TJ
- Rojas, M. (2019). *Investigacion del efecto de la corrosion del acero en estructuras de concreto armado* [Pregrado]. USAT.
- Romero, F. G. O. (2023). La técnica e instrumento en la investigación científica. *Scienceevolution*, 3(7), 7–7.
- Salazar-Jiménez, J. A. (2015). Introducción al fenómeno de corrosión: Tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica). *Revista Tecnología en Marcha*, 28(3), 127. <https://doi.org/10.18845/tm.v28i3.2417>
- Sánchez Deza, A. (2017). *Análisis del comportamiento frente a la corrosión del acero embebido en hormigón en ambiente marino* [PhD Thesis, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.48373>
- Statistical Engineering Division. (2023). *DIXON TEST*. NIST.
<https://www.itl.nist.gov/div898/software/dataplot/refman1/auxillar/dixon.htm>
- Tiburcio, C. G., Barrios, C., Boruna, A., Cabral, J., Zambrano, P., Bermúdez, B., & Almeraya, F. (2012). *ESTUDIO DE LA CORROSIÓN DEL CONCRETO DE ALTO RENDIMIENTO A BASE DE ALUMINATOS DE CALCIO*.
https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1518/1/TO-42_BORUNDA.pdf
- Wu, Zhang, Liu, & Xiuli. (2025). *Fatigue bond behavior between corroded reinforcing bar and concrete*. https://www.sciencedirect.com/?ref=pdf_download&fr=RR-11&rr=9ba86a2daa316def

Anexos

Anexo 01.	Matriz de consistencia	241
Anexo 02.	Matriz de operacionalización de variables	242
Anexo 03.	Presupuesto	243
Anexo 04.	Constancia y certificado de uso de laboratorio.....	244
Anexo 05.	Instrumentos de recolección de datos	246
Anexo 06.	Datos de muestras recolectadas en obra	270
Anexo 07.	Corrosión de muestras recolectadas en obra	274
Anexo 08.	Reducción de sección de muestras recolectadas en obra.....	279
Anexo 09.	Histograma de los datos de las muestras recolectadas	284
Anexo 10.	Prueba T para los pesos antes y después de la limpieza.....	286
Anexo 11.	Granulometría de agregados	289
Anexo 12.	Peso unitario de agregados	291
Anexo 13.	Peso específico y absorción de agregados.....	293
Anexo 14.	Contenido de humedad de agregados	295
Anexo 15.	Resumen de agregados	296
Anexo 16.	Diseño de mezcla.....	298
Anexo 17.	Resistencia a compresión de briquetas de diseño de mezcla.....	300
Anexo 18.	Prueba estadística resistencia a compresión de briquetas de Diseño de Mezcla	301
Anexo 19.	Resistencia a compresión de briquetas de concreto.....	302
Anexo 20.	Prueba estadística resistencia a compresión de briquetas de concreto ...	304

Anexo 21.	Ensayo de adherencia	305
Anexo 22.	Prueba estadística del ensayo de adherencia	309
Anexo 23.	Ensayo a flexión en 4 puntos	310
Anexo 24.	Prueba estadística del ensayo a flexión	311
Anexo 25.	Resultados resistencia a compresión	312
Anexo 26.	Resultados ensayo de adherencia	317
Anexo 27.	Resultados ensayo a flexión	321
Anexo 28.	Gráfico momento flector vs desplazamiento para vigas con acero corrugado sin presencia de corrosión.	323
Anexo 29.	Gráfico de momento flector vs desplazamiento para vigas con acero corrugado con presencia de corrosión promedio	328
Anexo 30.	Gráfico de momento flector vs desplazamiento para vigas con acero corrugado con presencia de corrosión máxima.	333
Anexo 31.	Panel fotográfico.....	338

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia

Nivel	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
General	¿Cómo es la corrosión de las barras de acero estructurales y cuál es la relación con la resistencia a la flexión de elementos estructurales en viviendas autoconstruidas?	Determinar el grado de corrosión de las barras estructurales y su relación con la resistencia a la flexión de elementos estructurales en viviendas autoconstruidas	La corrosión de barras estructurales es de 10%, la cual reduce en un 10% la resistencia a la flexión de los elementos estructurales en viviendas autoconstruidas	Variable Dependiente (Y)	Enfoque: - Cuantitativo
				- Resistencia a flexión de elementos estructurales	Alcance: El estudio se centra en el análisis de la resistencia a la flexión en elementos estructurales construidos con acero con presencia de corrosión
Específico 1	¿Cuál es el grado de corrosión en las barras de acero utilizadas en elementos estructurales en viviendas autoconstruidas?	Determinar el grado de corrosión de las barras estructurales y su relación con la resistencia a la flexión de elementos estructurales en viviendas autoconstruidas.	La corrosión de barras estructurales es de 10%, la cual reduce en un 10% la resistencia a la flexión de los elementos estructurales en viviendas autoconstruidas		Diseño: - Cuantitativo-Experimental
Específico 2	¿Cuál es la resistencia a flexión de elementos estructurales contruidos con barras de acero estructural corroídos en viviendas autoconstruidas?	Identificar el grado de corrosión más frecuente en barras de acero utilizadas en elementos estructurales en viviendas autoconstruidas.	El grado de corrosión más frecuente en barras de acero estructurales es de 10% del diámetro de la barra	Variable Independiente (X)	Instrumentos: Ficha de registro de datos
					Población de Estudio: Estructuras de concreto armado
Específico 3	¿Cómo afecta la corrosión de las barras de acero estructural en la adherencia con el concreto?	Analizar la resistencia a flexión de elementos estructurales contruidos con barras de acero estructurales corroídos.	La resistencia a flexión de elementos estructurales contruidos con barras de acero estructural corroídos es menor en 10% respecto a los contruidos con acero sin corrosión.	- Corrosión en el acero corrugado	Muestra: Vigas y dados de concreto fabricadas en laboratorio

Anexo 02. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable Dependiente (Y) - Resistencia de flexión de elementos estructurales	La resistencia a la flexión es definida como la tensión máxima que un material puede soportar antes de fallar bajo carga o la fuerza requerida para propagarse a través de defectos preexistentes. (Bonilla et al., 2017)	La resistencia a la flexión se mide en kilogramos por metro cuadrado, y puede determinarse por ensayos en laboratorio mediante ensayos con cargas en puntos tercios o en punto medio según ASTM C78 y ASTM C293 (ASTM C78, 2022)	Esfuerzo de flexión	Esfuerzo en la viga (MPa)
				Longitud de la barra (m)
				Momento flector (kN.m)
			Mezcla de concreto	Relación agua cemento
				Resistencia a compresión del concreto(kg/m ³)
				Condiciones del ensayo
			Condiciones de carga	Distribución de carga
				Intensidad de carga (kN)
			Adherencia acero-concreto	Resistencia a la adherencia (MPa)
				Esfuerzo de extracción Pull-out (kN)
				Deslizamiento acero-concreto (mm)
Variable Independiente (X) - Corrosión en los aceros corrugado	La ASTM G193 define la corrosión como el deterioro de un material, generalmente un metal, como resultado de una reacción electroquímica con su entorno. En el caso de los aceros, esta reacción suele involucrar la oxidación del hierro, lo que produce óxido. (ASTM 193, 2020)	La corrosión en el acero de refuerzo se puede medir operativamente a través de la pérdida de masa del acero debido a la oxidación, o mediante la medición de potencial de corrosión en el acero de refuerzo utilizando un medidor de potencial medio de media celda (ASTM C876).	Exposición	Tipo de exposición
				Duración de la exposición (días)
				Intensidad de la exposición %
			Propiedades de los aceros	Área transversal de la barra (mm ²)
				Tipo de corrugación
			Nivel de corrosión	Pérdida de peso del acero (gr)
				Perdida de la sección del acero (mm)

Anexo 03. Presupuesto

BIENES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO (S/.)	TOTAL (S/.)
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
Malla Tamizadora	2	UNIDAD	300.00	600.00
Pala	2	UNIDAD	70.00	140.00
Pico	2	UNIDAD	70.00	140.00
Briqueteras	3	UNIDAD	120.00	360.00
Balanza electrónica	1	UNIDAD	250.00	250.00
Baldes de Pintura de 5 galones	3	UNIDAD	25.00	75.00
Bolsas de plástico	2	METROS	5.00	10.00
MATERIALES				
Cemento Portland tipo IP (YURA)	4	BOLSA	27.00	108.00
Acero corrugado Φ 1/2	4	VARILLA	42.00	168.00
Agregado grueso	0.5	M3	150.00	75.00
Agregado Fino	0.5	M3	150.00	75.00
EQUIPOS DE ESCRITORIO				
Impresora	1	UNIDAD	350.00	350.00
UTILES DE ESCRITORIO				
Pizarra acrílica portátil	2	UNIDAD	40.00	80.00
Papel bond A4 75gr.	5	MILLAR	45.00	225.00
Tinta para impresora	2	PAQUETE	120.00	240.00
Archivador	2	UNIDAD	50.00	100.00
Cuaderno 50 hojas	2	UNIDAD	5.00	10.00
Libreta de campo	2	UNIDAD	5.00	10.00
Útiles varios (lapiceros, lápices, borrador, resaltador, corrector, etc.)	1	GLOBAL	30.00	30.00
Cámara fotográfica	1	UNIDAD	500.00	500.00
EQUIPOS DE SEGURIDAD				
Mandil de laboratorio	2	UNIDAD	50.00	100.00
Guantes	2	PAR	9.00	18.00
Mascarilla	2	UNIDAD	2.00	4.00
Lentes de Seguridad	2	UNIDAD	5.00	10.00
Botas de goma	2	PAR	50.00	100.00
SUB TOTAL (BIENES)				3,778.00

SERVICIOS				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO (S/.)	TOTAL (S/.)
TELEFONIA	9	MES	50.00	450.00
SERVICIOS (AGUA - LUZ)	9	MES	50.00	450.00
ALIMENTACIÓN	9	MES	800.00	7,200.00
TRANSPORTE	9	MES	200.00	1,800.00
TRAMITES ADMINISTRATIVOS	1	GLOBAL	800.00	800.00
ENSAYOS DE LABORATORIO	1	GLOBAL	500.00	500.00
SUB TOTAL (SERVICIOS)				11,200.00

Anexo 04. Constancia y certificado de uso de laboratorio

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES	
<u>CONSTANCIA</u>		
MI PERSONA COMO TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
HAGO CONSTAR: Que lo bachilleres de ingeniería civil ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT con código de matrícula N° 182136 y MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA con código de matrícula N° 182156, Realizaron en este laboratorio los siguientes ensayos:		
1. ENSAYOS DE LOS AGREGADO FINOS Y GRUESOS		
• Análisis Granulométrico • Peso Específico • Peso Unitario • Porcentaje de Absorción • Porcentaje de Humedad		
2. ENSAYOS DE MUESTRAS DE CONCRETO		
• Ensayo de compresión de los cilindros de concreto • Ensayo de flexión en 4 puntos en muestras prismáticas • Ensayo de adherencia en muestras prismáticas con acero embebido		
Que corresponde a la tesis titulada "EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025". Ensayos realizados de acuerdo con el cronograma presentado, utilizando los equipos del laboratorio de manera correcta según las normas y disposiciones sanitarias vigentes, demostrando responsabilidad y puntualidad en sus labores durante la permanencia en el laboratorio		
Se expide el documento a solicitud de los interesados para fines que sea conveniente.		
Cusco, 12 de diciembre del 2025		
 Sr. Hermenegildo Flores Malvares Técnico de laboratorio		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



CERTIFICADO DE USO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES PARA TESIS DE INVESTIGACIÓN

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL.

HACE CONSTAR

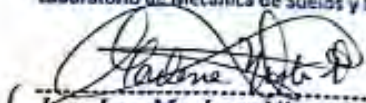
Que los testistas; conducentes a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil; Bach. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT y Bach. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA, hicieron uso del laboratorio para ejecución de la tesis de investigación: “EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025”

Los ensayos realizados fueron los siguientes:

Nro	ENSAYO	NORMA	CANT.
01	Análisis Granulométrico de agregado fino y grueso	NTP 400.012	02
02	Peso específico y absorción del agregado grueso	NTP 400.021	01
03	Peso específico y absorción del agregado fino	NTP 400.022	01
04	Determinación de la masa por unidad volumen o densidad (Peso Unitario) y vacíos en los agregados	NTP 400.017	02
05	Contenido de humedad total evaporable de agregados por secado	NTP 339.185	02
06	Determinación de la resistencia a compresión del concreto en muestras cilíndricas	NTP 339.034	24
07	Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo	NTP 339.078	15
08	Ensayo para la determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto, por compresión diametral de una probeta	NTP 339.084	15

Se le expide la presente constancia a solicitud por los interesados; con fines académicos para la tesis de investigación

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO, 12 de diciembre del 2025
 Facultad de Ingeniería Civil
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales


Ing. Luz Marlene Nieto Palomino
 Jefe de Laboratorio



Anexo 05. Instrumentos de recolección de datos

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 			
TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025		
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA		
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL		
LUGAR	SICUANI - CUSCO - PERÚ - 2025		
A INFORMACIÓN GENERAL			
1 UBICACIÓN			
Via Panamericana, al frente del terminal terrestre, km 0+000			
2 TIPO DE CONSTRUCCIÓN			
NUEVA	☒	REMEDIACIÓN	☐
AMPLIACIÓN	☐	OTRO	☐
3 ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN			
CIMENTACIÓN	☐	ACABADOS	☐
ESTRUCTURA	☒	FINALIZADO	☐
4 USO DE LA CONSTRUCCIÓN			
VIVIENDA	☒	ALMACEN	☐
OFICINAS	☐	OTRO	☐
5 NUMERO DE NIVELES			
1 NIVEL			
B CONDICIONES DE LA CONSTRUCCIÓN			
6 ¿LA OBRA CUENTA CON PLANOS APROBADOS?			
SI	☒	CUALES	Planos arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias y electricas
NO	☐		
NO SABE	☐		
7 ¿SE HAN PRESENTADO PROBLEMAS ESTRUCTURALES VISIBLES? (GRIETAS, ASENTAMIENTOS, ETC?)			
SI	☐	CUALES	FISURAS HORIZONTALES
NO	☒		FISURAS VERTICALES
NO SABE	☐		FISURAS DIAGONALES
			DESCASCARAMIENTOS
8 OBSERVACIONES ADICIONALES			

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 	
C	APOYO TÉCNICO
9	¿CUENTA CON LA ASESORIA DE UN PROFESIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN?
INGENIERO CIVIL	☐
ARQUITECTO	☐
MAESTRO DE OBRA	☒
OTRO	☐
	NO CUENTA ☐
10	¿CON QUE FRECUENCIA SE REALIZA LA ASESORIA TÉCNICA?
DIARIO	☐
SEMANAL	☐
ESPORADICAMENTE	☐
NUNCA	☒
11	¿HA RECIBIDO CAPACITACIÓN O INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE CONSTRUCCIÓN SEGURA?
SI	☐
NO	☒
12	OBSERVACIONES ADICIONALES
D	CALIDAD DE LOS MATERIALES
13	CLASIFICACION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA
EXCELENTE	☐
BUENA	☐
REGULAR	☒
MALA	☐
	MUY MALA ☐
14	¿LOS MATERIALES UTILIZADOS CUMPLEN CON LAS NORMAS TÉCNICAS VIGENTES?
SI	☐
NO	☐
	NO SABE ☒
15	¿SE HAN REALIZADO PRUEBAS DE CALIDAD A LOS MATERIALES? (ENSAYOS DE RESISTENCIA, ETC)
SI	☐
NO	☒
	CUAL
16	EXISTEN PROBLEMAS CON LA DURABILIDAD O DESEMPEÑO DE ALGUN MATERIAL
SI	☐
NO	☒
	CUAL
17	OBSERVACIONES SOBRE LA CALIDAD DE MATERIALES
Se observó corrosión parcial en los aceros	
E	ALMACENAMIENTO DE MATERIALES
18	¿DÓNDE SE ALMACENAN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN?
BAJO TECHO	☐
A INTEMPERIE	☒
EN CONTENEDORES	☐
OTRO	☐
19	¿SE PROTEGE EL MATERIAL FRENTE A CONDICIONES CLIMATICAS? (LLUVIA, SOL, HUMEDAD)
SI	☐
PARCIALMENTE	☒
	NO ☐

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																									
20	¿CÓMO SE ALMACENAN LOS SIGUIENTES MATERIALES																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>CEMENTO</td></tr> <tr><td>AGREGADO FINO</td></tr> <tr><td>AGREGADO GRUESO</td></tr> <tr><td>ACERO DE REFUERZO</td></tr> <tr><td>OTROS</td></tr> </table>	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	ACERO DE REFUERZO	OTROS	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>BAJO TECHO</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td></td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td></td></tr> <tr><td>BAJO TECHO</td><td></td></tr> <tr><td>BAJO TECHO</td><td></td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> </table>	BAJO TECHO	X	CUBIERTA		CUBIERTA		BAJO TECHO		BAJO TECHO		CUBIERTA	X	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td></td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td></td></tr> </table>	A INTEMPERIE		DESCUBIERTA	X	DESCUBIERTA	X	A INTEMPERIE	X	A INTEMPERIE	X	DESCUBIERTA		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>EN ESTIBAS</td><td></td></tr> <tr><td>CON SEPARADORES</td><td></td></tr> <tr><td>CON SEPARADORES</td><td></td></tr> <tr><td>ELEVADO DEL SUELO</td><td></td></tr> <tr><td>EN ESTIBAS</td><td></td></tr> </table>	EN ESTIBAS		CON SEPARADORES		CON SEPARADORES		ELEVADO DEL SUELO		EN ESTIBAS	
CEMENTO																																										
AGREGADO FINO																																										
AGREGADO GRUESO																																										
ACERO DE REFUERZO																																										
OTROS																																										
BAJO TECHO	X																																									
CUBIERTA																																										
CUBIERTA																																										
BAJO TECHO																																										
BAJO TECHO																																										
CUBIERTA	X																																									
A INTEMPERIE																																										
DESCUBIERTA	X																																									
DESCUBIERTA	X																																									
A INTEMPERIE	X																																									
A INTEMPERIE	X																																									
DESCUBIERTA																																										
EN ESTIBAS																																										
CON SEPARADORES																																										
CON SEPARADORES																																										
ELEVADO DEL SUELO																																										
EN ESTIBAS																																										
21	¿EL ALMACENAMIENTO ACTUAL AFECTA A LA CALIDAD DE LOS MATERIALES?																																									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>SI</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td>NO</td> <td></td> </tr> </table>	SI	X	NO		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>MATERIAL (ES)</td> <td>Cemento, agregados, aceros</td> </tr> </table>	MATERIAL (ES)	Cemento, agregados, aceros																																		
SI	X	NO																																								
MATERIAL (ES)	Cemento, agregados, aceros																																									
22	OBSERVACIONES ADICIONALES																																									
	Se observa que los aceros son almacenados al aire libre, sin protección alguna y presentan dobladuras y corrosión parcial																																									
F	COMENTARIOS GENERALES																																									
23	¿QUÉ INFLUYE EN LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION?																																									
	El almacenamiento en la obra, el transporte a obra, la marca																																									
24	¿DESEA RECIBIR INFORMACIÓN O ASESORIA TÉCNICA ADICIONAL?																																									
	SI																																									
G	MUESTREO																																									
25	SOBRE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS																																									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>VARILLAS DE 3/8"</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td>CANTIDAD</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>LONGITUD</td> <td style="text-align: center;">10 cm</td> </tr> <tr> <td>VARILLAS DE 1/2"</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td>CANTIDAD</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>LONGITUD</td> <td style="text-align: center;">10 cm</td> </tr> </table>	VARILLAS DE 3/8"	X	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm	VARILLAS DE 1/2"	X	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm																													
VARILLAS DE 3/8"	X	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm																																					
VARILLAS DE 1/2"	X	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm																																					
	SOBRE EL GRADO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL																																									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>CORROSIÓN ALTO</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td>CORROSIÓN MEDIA</td> <td></td> <td>CORROSION BAJA</td> <td></td> </tr> </table>	CORROSIÓN ALTO	X	CORROSIÓN MEDIA		CORROSION BAJA																																				
CORROSIÓN ALTO	X	CORROSIÓN MEDIA		CORROSION BAJA																																						
	SOBRE EL TIPO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL																																									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>TODA LA SUPERFICIE</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td>PARCIAL</td> <td></td> <td>POR PICADURA</td> <td></td> </tr> </table>	TODA LA SUPERFICIE	X	PARCIAL		POR PICADURA																																				
TODA LA SUPERFICIE	X	PARCIAL		POR PICADURA																																						
	OBSERVACIÓN ADICIONALES																																									
	Se observó mayor grado de corrosión en los aceros de 3/8"																																									

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 																					
TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025																				
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA																				
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL																				
LUGAR	SICUANI - CUSCO - PERÚ - 2025																				
A INFORMACIÓN GENERAL																					
1 UBICACIÓN	Panamericana, frente local Hantaq Pacha k. 002+500 S/N																				
2 TIPO DE CONSTRUCCIÓN	<table border="1"> <tr> <td>NUEVA</td> <td>☒</td> <td>REMODELACIÓN</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>AMPLIACIÓN</td> <td>☐</td> <td>OTRO</td> <td>☐</td> </tr> </table>	NUEVA	☒	REMODELACIÓN	☐	AMPLIACIÓN	☐	OTRO	☐												
NUEVA	☒	REMODELACIÓN	☐																		
AMPLIACIÓN	☐	OTRO	☐																		
3 ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN	<table border="1"> <tr> <td>CIMENTACIÓN</td> <td>☐</td> <td>ACABADOS</td> <td>☐</td> <td>OTRO</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>ESTRUCTURA</td> <td>☒</td> <td>FINALIZADO</td> <td>☐</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	CIMENTACIÓN	☐	ACABADOS	☐	OTRO	☐	ESTRUCTURA	☒	FINALIZADO	☐										
CIMENTACIÓN	☐	ACABADOS	☐	OTRO	☐																
ESTRUCTURA	☒	FINALIZADO	☐																		
4 USO DE LA CONSTRUCCIÓN	<table border="1"> <tr> <td>VIVIENDA</td> <td>☒</td> <td>ALMACEN</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>OFICINAS</td> <td>☐</td> <td>OTRO</td> <td>☐</td> </tr> </table>	VIVIENDA	☒	ALMACEN	☐	OFICINAS	☐	OTRO	☐												
VIVIENDA	☒	ALMACEN	☐																		
OFICINAS	☐	OTRO	☐																		
5 NUMERO DE NIVELES	2 NIVELES																				
B CONDICIONES DE LA CONSTRUCCIÓN																					
6 ¿LA OBRA CUENTA CON PLANOS APROBADOS?	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>☒</td> <td>CUALES</td> <td>Planos arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias y electricas</td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td>☐</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO SABE</td> <td>☐</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	SI	☒	CUALES	Planos arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias y electricas	NO	☐			NO SABE	☐										
SI	☒	CUALES	Planos arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias y electricas																		
NO	☐																				
NO SABE	☐																				
7 ¿SE HAN PRESENTADO PROBLEMAS ESTRUCTURALES VISIBLES? (GRIETAS, ASENTAMIENTOS, ETC?)	<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>☒</td> <td>CUALES</td> <td>FISURAS HORIZONTALES</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td>☐</td> <td></td> <td>FISURAS VERTICALES</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>NO SABE</td> <td>☐</td> <td></td> <td>FISURAS DIAGONALES</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>DESCASCARAMIENTOS</td> <td>☒</td> </tr> </table>	SI	☒	CUALES	FISURAS HORIZONTALES	☐	NO	☐		FISURAS VERTICALES	☐	NO SABE	☐		FISURAS DIAGONALES	☐				DESCASCARAMIENTOS	☒
SI	☒	CUALES	FISURAS HORIZONTALES	☐																	
NO	☐		FISURAS VERTICALES	☐																	
NO SABE	☐		FISURAS DIAGONALES	☐																	
			DESCASCARAMIENTOS	☒																	
8 OBSERVACIONES ADICIONALES	Se observa cangregeras en algunas columnas, y cierto grado de corrosión en estribos																				

C		APOYO TÉCNICO			
9	¿CUENTA CON LA ASESORIA DE UN PROFESIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN?				
	INGENIERO CIVIL		MAESTRO DE OBRA	X	NO CUENTA
	ARQUITECTO		OTRO		
10	¿CON QUE FRECUENCIA SE REALIZA LA ASESORIA TÉCNICA?				
	DIARIO		ESPORADICAMENTE		
	SEMANAL		NUNCA	X	
11	¿HA RECIBIDO CAPACITACIÓN O INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE CONSTRUCCIÓN SEGURA?				
	SI		NO	X	
12	OBSERVACIONES ADICIONALES				
D		CALIDAD DE LOS MATERIALES			
13	CLASIFICACION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA				
	EXCELENTE		REGULAR	X	MUY MALA
	BUENA		MALA		
14	¿LOS MATERIALES UTILIZADOS CUMPLEN CON LAS NORMAS TÉCNICAS VIGENTES?				
	SI		NO		NO SABE
				X	
15	¿SE HAN REALIZADO PRUEBAS DE CALIDAD A LOS MATERIALES? (ENSAYOS DE RESISTENCIA, ETC)				
	SI		NO	X	CUAL
16	EXISTEN PROBLEMAS CON LA DURABILIDAD O DESEMPEÑO DE ALGUN MATERIAL				
	SI		NO	X	CUAL
17	OBSERVACIONES SOBRE LA CALIDAD DE MATERIALES				
	Se observa corrosión parcial en los aceros				
E		ALMACENAMIENTO DE MATERIALES			
18	¿DÓNDE SE ALMACENAN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN?				
	BAJO TECHO	X	EN CONTENEDORES		
	A INTEMPERIE		OTRO		
19	¿SE PROTEGE EL MATERIAL FRENTE A CONDICIONES CLIMATICAS? (LLUVIA, SOL, HUMEDAD)				
	SI		PARCIALMENTE	X	NO

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																									
20	¿CÓMO SE ALMACENAN LOS SIGUIENTES MATERIALES																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>CEMENTO</td></tr> <tr><td>AGREGADO FINO</td></tr> <tr><td>AGREGADO GRUESO</td></tr> <tr><td>ACERO DE REFUERZO</td></tr> <tr><td>OTROS</td></tr> </table>	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	ACERO DE REFUERZO	OTROS	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>BAJO TECHO</td><td style="text-align: center;">☒</td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td style="text-align: center;">☐</td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td style="text-align: center;">☐</td></tr> <tr><td>BAJO TECHO</td><td style="text-align: center;">☐</td></tr> <tr><td>BAJO TECHO</td><td style="text-align: center;">☐</td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td style="text-align: center;">☒</td></tr> </table>	BAJO TECHO	☒	CUBIERTA	☐	CUBIERTA	☐	BAJO TECHO	☐	BAJO TECHO	☐	CUBIERTA	☒	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td style="text-align: center;">☐</td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td style="text-align: center;">☒</td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td style="text-align: center;">☒</td></tr> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td style="text-align: center;">☒</td></tr> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td style="text-align: center;">☒</td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td style="text-align: center;">☐</td></tr> </table>	A INTEMPERIE	☐	DESCUBIERTA	☒	DESCUBIERTA	☒	A INTEMPERIE	☒	A INTEMPERIE	☒	DESCUBIERTA	☐	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>EN ESTIBAS</td><td style="text-align: center;">☐</td></tr> <tr><td>CON SEPARADORES</td><td style="text-align: center;">☐</td></tr> <tr><td>CON SEPARADORES</td><td style="text-align: center;">☐</td></tr> <tr><td>ELEVADO DEL SUELO</td><td style="text-align: center;">☐</td></tr> <tr><td>EN ESTIBAS</td><td style="text-align: center;">☐</td></tr> </table>	EN ESTIBAS	☐	CON SEPARADORES	☐	CON SEPARADORES	☐	ELEVADO DEL SUELO	☐	EN ESTIBAS	☐
CEMENTO																																										
AGREGADO FINO																																										
AGREGADO GRUESO																																										
ACERO DE REFUERZO																																										
OTROS																																										
BAJO TECHO	☒																																									
CUBIERTA	☐																																									
CUBIERTA	☐																																									
BAJO TECHO	☐																																									
BAJO TECHO	☐																																									
CUBIERTA	☒																																									
A INTEMPERIE	☐																																									
DESCUBIERTA	☒																																									
DESCUBIERTA	☒																																									
A INTEMPERIE	☒																																									
A INTEMPERIE	☒																																									
DESCUBIERTA	☐																																									
EN ESTIBAS	☐																																									
CON SEPARADORES	☐																																									
CON SEPARADORES	☐																																									
ELEVADO DEL SUELO	☐																																									
EN ESTIBAS	☐																																									
21	¿EL ALMACENAMIENTO ACTUAL AFECTA A LA CALIDAD DE LOS MATERIALES?																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>SI</td> <td style="text-align: center;">☒</td> <td>NO</td> <td style="text-align: center;">☐</td> <td>MATERIAL (ES)</td> <td>Cemento, agregados, aceros</td> </tr> </table>	SI	☒	NO	☐	MATERIAL (ES)	Cemento, agregados, aceros																																				
SI	☒	NO	☐	MATERIAL (ES)	Cemento, agregados, aceros																																					
22	OBSERVACIONES ADICIONALES																																									
Se observa que los aceros son almacenados al aire libre, sin protección alguna y presentan dobladuras y corrosión parcial.																																										
F	COMENTARIOS GENERALES																																									
23	¿QUÉ INFLUYE EN LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION?																																									
El almacenamiento en la obra, el transporte a obra, la marca																																										
24	¿DESEA RECIBIR INFORMACIÓN O ASESORIA TÉCNICA ADICIONAL?																																									
Si																																										
G	MUESTREO																																									
25	SOBRE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>VARILLAS DE 3/8"</td> <td style="text-align: center;">☒</td> <td>CANTIDAD</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>LONGITUD</td> <td style="text-align: center;">10 cm.</td> </tr> <tr> <td>VARILLAS DE 1/2"</td> <td style="text-align: center;">☒</td> <td>CANTIDAD</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>LONGITUD</td> <td style="text-align: center;">10 cm.</td> </tr> </table>	VARILLAS DE 3/8"	☒	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm.	VARILLAS DE 1/2"	☒	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm.																														
VARILLAS DE 3/8"	☒	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm.																																					
VARILLAS DE 1/2"	☒	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm.																																					
SOBRE EL GRADO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>CORROSIÓN ALTO</td> <td style="text-align: center;">☐</td> <td>CORROSIÓN MEDIA</td> <td style="text-align: center;">☒</td> <td>CORROSIÓN BAJA</td> <td style="text-align: center;">☐</td> </tr> </table>	CORROSIÓN ALTO	☐	CORROSIÓN MEDIA	☒	CORROSIÓN BAJA	☐																																				
CORROSIÓN ALTO	☐	CORROSIÓN MEDIA	☒	CORROSIÓN BAJA	☐																																					
SOBRE EL TIPO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>TODA LA SUPERFICIE</td> <td style="text-align: center;">☐</td> <td>PARCIAL</td> <td style="text-align: center;">☒</td> <td>POR PICADURA</td> <td style="text-align: center;">☐</td> </tr> </table>	TODA LA SUPERFICIE	☐	PARCIAL	☒	POR PICADURA	☐																																				
TODA LA SUPERFICIE	☐	PARCIAL	☒	POR PICADURA	☐																																					
OBSERVACIÓN ADICIONALES																																										
Se observa mayor grado de corrosión en los aceros de 3/8"																																										



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR SICUANI - CUSCO - PERÚ - 2025

A INFORMACIÓN GENERAL					
1 UBICACIÓN					
Panamericana, frente local Hanaq Pacha k 002+800 S/N					
2 TIPO DE CONSTRUCCIÓN					
NUEVA	☒	REMEDIACIÓN	☐		
AMPLIACIÓN	☐	OTRO	☐		
3 ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN					
CIMENTACIÓN	☐	ACABADOS	☐	OTRO	☐
ESTRUCTURA	☒	FINALIZADO	☐		
4 USO DE LA CONSTRUCCIÓN					
VIVIENDA	☒	ALMACEN	☐		
OFICINAS	☐	OTRO	☐		
5 NUMERO DE NIVELES					
1 NIVEL					

B CONDICIONES DE LA CONSTRUCCIÓN					
6 ¿LA OBRA CUENTA CON PLANOS APROBADOS?					
SI	☒	CUALES	Plano arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias y electricas		
NO	☐				
NO SABE	☐				
7 ¿SE HAN PRESENTADO PROBLEMAS ESTRUCTURALES VISIBLES? (GRIETAS, ASENTAMIENTOS, ETC?)					
SI	☒	CUALES	FISURAS HORIZONTALES	☐	
NO	☐		FISURAS VERTICALES	☐	
NO SABE	☐		FISURAS DIAGONALES	☐	
			DESCASCARAMIENTOS	☒	
8 OBSERVACIONES ADICIONALES					
Se observa cangregeras en algunas columnas, y cierto grado de corrosión en estribos					


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL


C		APOYO TÉCNICO			
9	¿CUENTA CON LA ASESORIA DE UN PROFESIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN?				
	INGENIERO CIVIL	☐	MAESTRO DE OBRA	☒	NO CUENTA
	ARQUITECTO	☐	OTRO	☐	
10	¿CON QUE FRECUENCIA SE REALIZA LA ASESORIA TÉCNICA?				
	DIARIO	☐	ESPORADICAMENTE	☐	
	SEMANAL	☐	NUNCA	☒	
11	¿HA RECIBIDO CAPACITACIÓN O INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE CONSTRUCCIÓN SEGURA?				
	SI	☐	NO	☒	
12	OBSERVACIONES ADICIONALES				

D		CALIDAD DE LOS MATERIALES			
13	CLASIFICACION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA				
	EXCELENTE	☐	REGULAR	☒	MUY MALA
	BUENA	☐	MALA	☐	
14	¿LOS MATERIALES UTILIZADOS CUMPLEN CON LAS NORMAS TÉCNICAS VIGENTES?				
	SI	☐	NO	☐	NO SABE
					☒
15	¿SE HAN REALIZADO PRUEBAS DE CALIDAD A LOS MATERIALES? (ENSAYOS DE RESISTENCIA, ETC)				
	SI	☐	NO	☒	CUAL
16	EXISTEN PROBLEMAS CON LA DURABILIDAD O DESEMPEÑO DE ALGUN MATERIAL				
	SI	☐	NO	☒	CUAL
17	OBSERVACIONES SOBRE LA CALIDAD DE MATERIALES				
	Se observa corrosión parcial en los aceros.				

E		ALMACENAMIENTO DE MATERIALES			
18	¿DÓNDE SE ALMACENAN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN?				
	BAJO TECHO	☒	EN CONTENEDORES	☐	
	A TEMPERIE	☐	OTRO	☐	
19	¿SE PROTEGE EL MATERIAL FRENTE A CONDICIONES CLIMATICAS? (LLUVIA, SOL, HUMEDAD)				
	SI	☐	PARCIALMENTE	☒	NO

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																														
20	¿CÓMO SE ALMACENAN LOS SIGUIENTES MATERIALES																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>CEMENTO</td><td></td></tr> <tr><td>AGREGADO FINO</td><td></td></tr> <tr><td>AGREGADO GRUESO</td><td></td></tr> <tr><td>ACERO DE REFUERZO</td><td></td></tr> <tr><td>OTROS</td><td></td></tr> </table>	CEMENTO		AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		ACERO DE REFUERZO		OTROS		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>BAJO TECHO</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td></td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td></td></tr> <tr><td>BAJO TECHO</td><td></td></tr> <tr><td>BAJO TECHO</td><td></td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> </table>	BAJO TECHO	X	CUBIERTA		CUBIERTA		BAJO TECHO		BAJO TECHO		CUBIERTA	X	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td></td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td></td></tr> </table>	A INTEMPERIE		DESCUBIERTA	X	DESCUBIERTA	X	A INTEMPERIE	X	A INTEMPERIE	X	DESCUBIERTA		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>EN ESTIBAS</td><td></td></tr> <tr><td>CON SEPARADORES</td><td></td></tr> <tr><td>CON SEPARADORES</td><td></td></tr> <tr><td>ELEVADO DEL SUELO</td><td></td></tr> <tr><td>EN ESTIBAS</td><td></td></tr> </table>	EN ESTIBAS		CON SEPARADORES		CON SEPARADORES		ELEVADO DEL SUELO		EN ESTIBAS	
CEMENTO																																															
AGREGADO FINO																																															
AGREGADO GRUESO																																															
ACERO DE REFUERZO																																															
OTROS																																															
BAJO TECHO	X																																														
CUBIERTA																																															
CUBIERTA																																															
BAJO TECHO																																															
BAJO TECHO																																															
CUBIERTA	X																																														
A INTEMPERIE																																															
DESCUBIERTA	X																																														
DESCUBIERTA	X																																														
A INTEMPERIE	X																																														
A INTEMPERIE	X																																														
DESCUBIERTA																																															
EN ESTIBAS																																															
CON SEPARADORES																																															
CON SEPARADORES																																															
ELEVADO DEL SUELO																																															
EN ESTIBAS																																															
21	¿EL ALMACENAMIENTO ACTUAL AFECTA A LA CALIDAD DE LOS MATERIALES?																																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>SI</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td>NO</td> <td></td> </tr> </table>	SI	X	NO		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>MATERIAL (ES)</td> <td>Cemento, agregados, aceros</td> </tr> </table>	MATERIAL (ES)	Cemento, agregados, aceros																																							
SI	X	NO																																													
MATERIAL (ES)	Cemento, agregados, aceros																																														
22	OBSERVACIONES ADICIONALES																																														
	Se observa que los aceros son almacenados al aire libre, sin protección alguna y presentan dobladuras y corrosión parcial																																														
F	COMENTARIOS GENERALES																																														
23	¿QUÉ INFLUYE EN LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION?																																														
	El almacenamiento en la obra, el transporte a obra, la marca																																														
24	¿DESEA RECIBIR INFORMACIÓN O ASESORIA TÉCNICA ADICIONAL?																																														
	SI																																														
G	MUESTREO																																														
25	SOBRE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS																																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>VARILLAS DE 3/8"</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td>CANTIDAD</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>LONGITUD</td> <td style="text-align: center;">10 cm</td> </tr> <tr> <td>VARILLAS DE 1/2"</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td>CANTIDAD</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>LONGITUD</td> <td style="text-align: center;">10 cm</td> </tr> </table>		VARILLAS DE 3/8"	X	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm	VARILLAS DE 1/2"	X	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm																																	
VARILLAS DE 3/8"	X	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm																																										
VARILLAS DE 1/2"	X	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm																																										
	SOBRE EL GRADO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL																																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>CORROSIÓN ALTO</td> <td></td> <td>CORROSIÓN MEDIA</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td>CORROSIÓN BAJA</td> <td></td> </tr> </table>		CORROSIÓN ALTO		CORROSIÓN MEDIA	X	CORROSIÓN BAJA																																								
CORROSIÓN ALTO		CORROSIÓN MEDIA	X	CORROSIÓN BAJA																																											
	SOBRE EL TIPO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL																																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>TODA LA SUPERFICIE</td> <td></td> <td>PARCIAL</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td>POR PICADURA</td> <td></td> </tr> </table>		TODA LA SUPERFICIE		PARCIAL	X	POR PICADURA																																								
TODA LA SUPERFICIE		PARCIAL	X	POR PICADURA																																											
	OBSERVACIÓN ADICIONALES																																														
	Se observa mayor grado de corrosión en los aceros de 3/8"																																														

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 			
TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICHUANI-CUSCO 2025		
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA		
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL		
LUGAR	SICHUANI - CUSCO - PERÚ - 2025		
A INFORMACIÓN GENERAL			
1 UBICACIÓN			
Panamericana, frente local Hanaq Pacha k 002+800 S/N			
2 TIPO DE CONSTRUCCIÓN			
NUEVA	☒	REMODELACIÓN	☐
AMPLIACIÓN	☐	OTRO	☐
3 ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN			
CIMENTACIÓN	☐	ACABADOS	☐
ESTRUCTURA	☒	FINALIZADO	☐
OTRO ☐			
4 USO DE LA CONSTRUCCIÓN			
VIVIENDA	☒	ALMACEN	☐
OFICINAS	☐	OTRO	☐
5 NUMERO DE NIVELES			
2 NIVELES			
B CONDICIONES DE LA CONSTRUCCIÓN			
6 ¿LA OBRA CUENTA CON PLANOS APROBADOS?			
SI	☒	CUALES	Planos arquitectura, estructuras
NO	☐		
NO SABE	☐		
7 ¿SE HAN PRESENTADO PROBLEMAS ESTRUCTURALES VISIBLES? (GRIETAS, ASENTAMIENTOS, ETC?)			
SI	☒	CUALES	FISURAS HORIZONTALES ☐
NO	☐		FISURAS VERTICALES ☐
NO SABE	☐		FISURAS DIAGONALES ☐
			DESCASCARAMIENTOS ☒
8 OBSERVACIONES ADICIONALES			
Se observa cangregeras en algunas columnas, y cierto grado de corrosión en estribos			

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 	
C	APOYO TÉCNICO
9	¿CUENTA CON LA ASESORIA DE UN PROFESIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN?
INGENIERO CIVIL	☐
MAESTRO DE OBRA	☒
NO CUENTA	☐
ARQUITECTO	☐
OTRO	☐
10	¿CON QUE FRECUENCIA SE REALIZA LA ASESORIA TÉCNICA?
DIARIO	☐
ESPORADICAMENTE	☐
SEMANAL	☐
NUNCA	☒
11	¿HA RECIBIDO CAPACITACIÓN O INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE CONSTRUCCIÓN SEGURA?
SI	☐
NO	☒
12	OBSERVACIONES ADICIONALES
D	CALIDAD DE LOS MATERIALES
13	CLASIFICACION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA
EXCELENTE	☐
REGULAR	☒
MUY MALA	☐
BUENA	☐
MALA	☐
14	¿LOS MATERIALES UTILIZADOS CUMPLEN CON LAS NORMAS TÉCNICAS VIGENTES?
SI	☐
NO	☐
NO SABE	☒
15	¿SE HAN REALIZADO PRUEBAS DE CALIDAD A LOS MATERIALES? (ENSAYOS DE RESISTENCIA, ETC)
SI	☐
NO	☒
CUAL	
16	EXISTEN PROBLEMAS CON LA DURABILIDAD O DESEMPEÑO DE ALGUN MATERIAL
SI	☐
NO	☒
CUAL	
17	OBSERVACIONES SOBRE LA CALIDAD DE MATERIALES
Se observa corrosión parcial en los accros, y agregado contaminado a la interperio	
E	ALMACENAMIENTO DE MATERIALES
18	¿DÓNDE SE ALMACENAN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN?
BAJO TECHO	☒
EN CONTENEDORES	☐
A INTEMPERIE	☒
OTRO	☐
19	¿SE PROTEGE EL MATERIAL FRENTE A CONDICIONES CLIMATICAS? (LLUVIA, SOL, HUMEDAD)
SI	☐
PARCIALMENTE	☒
NO	☐

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																										
20	¿CÓMO SE ALMACENAN LOS SIGUIENTES MATERIALES																																										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">CEMENTO</td> <td style="width: 33%;">BAJO TECHO</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">☒</td> </tr> <tr> <td>AGREGADO FINO</td> <td>CUBIERTA</td> <td style="text-align: center;">☐</td> </tr> <tr> <td>AGREGADO GRUESO</td> <td>CUBIERTA</td> <td style="text-align: center;">☐</td> </tr> <tr> <td>ACERO DE REFUERZO</td> <td>BAJO TECHO</td> <td style="text-align: center;">☐</td> </tr> <tr> <td>OTROS</td> <td>BAJO TECHO</td> <td style="text-align: center;">☐</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CUBIERTA</td> <td style="text-align: center;">☒</td> </tr> </table>	CEMENTO	BAJO TECHO	☒	AGREGADO FINO	CUBIERTA	☐	AGREGADO GRUESO	CUBIERTA	☐	ACERO DE REFUERZO	BAJO TECHO	☐	OTROS	BAJO TECHO	☐		CUBIERTA	☒	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">A INTEMPERIE</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">☐</td> </tr> <tr> <td>DESCUBIERTA</td> <td style="text-align: center;">☒</td> </tr> <tr> <td>DESCUBIERTA</td> <td style="text-align: center;">☒</td> </tr> <tr> <td>A INTEMPERIE</td> <td style="text-align: center;">☒</td> </tr> <tr> <td>A INTEMPERIE</td> <td style="text-align: center;">☒</td> </tr> <tr> <td>DESCUBIERTA</td> <td style="text-align: center;">☐</td> </tr> </table>	A INTEMPERIE	☐	DESCUBIERTA	☒	DESCUBIERTA	☒	A INTEMPERIE	☒	A INTEMPERIE	☒	DESCUBIERTA	☐	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">EN ESTIBAS</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">☐</td> </tr> <tr> <td>CON SEPARADORES</td> <td style="text-align: center;">☐</td> </tr> <tr> <td>CON SEPARADORES</td> <td style="text-align: center;">☐</td> </tr> <tr> <td>ELEVADO DEL SUELO</td> <td style="text-align: center;">☐</td> </tr> <tr> <td>EN ESTIBAS</td> <td style="text-align: center;">☐</td> </tr> </table>	EN ESTIBAS	☐	CON SEPARADORES	☐	CON SEPARADORES	☐	ELEVADO DEL SUELO	☐	EN ESTIBAS	☐
CEMENTO	BAJO TECHO	☒																																									
AGREGADO FINO	CUBIERTA	☐																																									
AGREGADO GRUESO	CUBIERTA	☐																																									
ACERO DE REFUERZO	BAJO TECHO	☐																																									
OTROS	BAJO TECHO	☐																																									
	CUBIERTA	☒																																									
A INTEMPERIE	☐																																										
DESCUBIERTA	☒																																										
DESCUBIERTA	☒																																										
A INTEMPERIE	☒																																										
A INTEMPERIE	☒																																										
DESCUBIERTA	☐																																										
EN ESTIBAS	☐																																										
CON SEPARADORES	☐																																										
CON SEPARADORES	☐																																										
ELEVADO DEL SUELO	☐																																										
EN ESTIBAS	☐																																										
21	¿EL ALMACENAMIENTO ACTUAL AFECTA A LA CALIDAD DE LOS MATERIALES?																																										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">SÍ</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">☒</td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td style="text-align: center;">☐</td> </tr> </table>	SÍ	☒	NO	☐	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">MATERIAL (ES)</td> <td style="width: 66%;">Cemento, agregados, aceros</td> </tr> </table>	MATERIAL (ES)	Cemento, agregados, aceros																																			
SÍ	☒																																										
NO	☐																																										
MATERIAL (ES)	Cemento, agregados, aceros																																										
22	OBSERVACIONES ADICIONALES																																										
	Se observa que los aceros son almacenados al aire libre, sin protección alguna y presentan dobladuras y corrosión parcial. Los agregados están a la intemperie y están contaminados con desechos de animales y basura.																																										
F	COMENTARIOS GENERALES																																										
23	¿QUÉ INFLUYE EN LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN?																																										
	El almacenamiento en la obra, el transporte a obra, la marca																																										
24	¿DESEA RECIBIR INFORMACIÓN O ASESORIA TÉCNICA ADICIONAL?																																										
	SÍ																																										
G	MUESTREO																																										
25	SOBRE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS																																										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">VARILLAS DE 3/8"</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">☒</td> <td style="width: 33%;">CANTIDAD</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 33%;">LONGITUD</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">10 cm</td> </tr> <tr> <td>VARILLAS DE 1/2"</td> <td style="text-align: center;">☒</td> <td>CANTIDAD</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>LONGITUD</td> <td style="text-align: center;">10 cm</td> </tr> </table>	VARILLAS DE 3/8"	☒	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm	VARILLAS DE 1/2"	☒	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm																														
VARILLAS DE 3/8"	☒	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm																																						
VARILLAS DE 1/2"	☒	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm																																						
	SOBRE EL GRADO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL																																										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">CORROSIÓN ALTO</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">☐</td> <td style="width: 33%;">CORROSIÓN MEDIA</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">☒</td> <td style="width: 33%;">CORROSIÓN BAJA</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">☐</td> </tr> </table>	CORROSIÓN ALTO	☐	CORROSIÓN MEDIA	☒	CORROSIÓN BAJA	☐																																				
CORROSIÓN ALTO	☐	CORROSIÓN MEDIA	☒	CORROSIÓN BAJA	☐																																						
	SOBRE EL TIPO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL																																										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">TODA LA SUPERFICIE</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">☐</td> <td style="width: 33%;">PARCIAL</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">☒</td> <td style="width: 33%;">POR PICADURA</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">☐</td> </tr> </table>	TODA LA SUPERFICIE	☐	PARCIAL	☒	POR PICADURA	☐																																				
TODA LA SUPERFICIE	☐	PARCIAL	☒	POR PICADURA	☐																																						
	OBSERVACIÓN ADICIONALES																																										
	Se observa mayor grado de corrosión en los aceros de 3/8.																																										

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS		EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025			
TESISTAS		BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA			
ASESOR		ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL			
LUGAR		SICUANI - CUSCO - PERÚ - 2025			
A INFORMACIÓN GENERAL					
1 UBICACIÓN					
Esquina intersección entre Av. Grm y Calle San Roque					
2 TIPO DE CONSTRUCCIÓN					
NUEVA		☒	REMODELACIÓN		☐
AMPLIACIÓN		☐	OTRO		☐
3 ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN					
CIMENTACIÓN		☐	ACABADOS		☐
ESTRUCTURA		☒	FINALIZADO		☐
			OTRO		☐
4 USO DE LA COSNTRUCCIÓN					
VIVIENDA		☒	ALMACEN		☐
OFICINAS		☐	OTRO		☐
5 NUMERO DE NIVELES					
3 NIVELES					
B CONDICIONES DE LA CONSTRUCCIÓN					
6 ¿LA OBRA CUENTA CON PLANOS APROBADOS?					
SI		☐	CUALES		
NO		☐			
NO SABE		☒			
7 ¿SE HAN PRESENTADO PROBLEMAS ESTRUCTURALES VISIBLES? (GRIETAS, ASENTAMIENTOS, ETC?)					
SI		☒	CUALES		
NO		☐			
NO SABE		☐			
			FISURAS HORIZONTALES		☐
			FISURAS VERTICALES		☐
			FISURAS DIAGONALES		☐
			DESCASCARAMIENTOS		☒
8 OBSERVACIONES ADICIONALES					
Se observa que algunas montantes de desague atraviesan vigas estructurales					


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL


C		APOYO TÉCNICO			
9	¿CUENTA CON LA ASESORIA DE UN PROFESIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN?				
	INGENIERO CIVIL	☐	MAESTRO DE OBRA	☒	NO CUENTA
	ARQUITECTO	☐	OTRO	☐	
10	¿CON QUE FRECUENCIA SE REALIZA LA ASESORIA TÉCNICA?				
	DIARIO	☐	ESPORADICAMENTE	☐	
	SEMANAL	☐	NUNCA	☒	
11	¿HA RECIBIDO CAPACITACIÓN O INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE CONSTRUCCIÓN SEGURA?				
	SI	☐	NO	☒	
12	OBSERVACIONES ADICIONALES				

D		CALIDAD DE LOS MATERIALES			
13	CLASIFICACION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA				
	EXCELENTE	☐	REGULAR	☒	MUY MALA
	BUENA	☐	MALA	☐	
14	¿LOS MATERIALES UTILIZADOS CUMPLEN CON LAS NORMAS TÉCNICAS VIGENTES?				
	SI	☐	NO	☐	NO SABE
				☒	
15	¿SE HAN REALIZADO PRUEBAS DE CALIDAD A LOS MATERIALES? (ENSAYOS DE RESISTENCIA, ETC)				
	SI	☐	NO	☒	CUAL
16	EXISTEN PROBLEMAS CON LA DURABILIDAD O DESEMPEÑO DE ALGUN MATERIAL				
	SI	☐	NO	☒	CUAL
17	OBSERVACIONES SOBRE LA CALIDAD DE MATERIALES				
	Se observa corrosión parcial en los aceros				

E		ALMACENAMIENTO DE MATERIALES			
18	¿DÓNDE SE ALMACENAN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN?				
	BAJO TECHO	☒	EN CONTENEDORES	☐	
	A TEMPERIE	☒	OTRO	☐	
19	¿SE PROTEGE EL MATERIAL FRENTE A CONDICIONES CLIMATICAS? (LLUVIA, SOL, HUMEDAD)				
	SI	☐	PARCIALMENTE	☒	NO


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL


C	APOYO TÉCNICO			
9	¿CUENTA CON LA ASESORIA DE UN PROFESIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN?			
	INGENIERO CIVIL		MAESTRO DE OBRA	X
	ARQUITECTO		OTRO	
10	¿CON QUE FRECUENCIA SE REALIZA LA ASESORIA TÉCNICA?			
	DIARIO		ESPORADICAMENTE	
	SEMANAL		NUNCA	X
11	¿HA RECIBIDO CAPACITACIÓN O INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE CONSTRUCCIÓN SEGURA?			
	SI		NO	X
12	OBSERVACIONES ADICIONALES			

D	CALIDAD DE LOS MATERIALES			
13	CLASIFICACION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA			
	EXCELENTE		REGULAR	X
	BUENA		MALA	
14	¿LOS MATERIALES UTILIZADOS CUMPLEN CON LAS NORMAS TÉCNICAS VIGENTES?			
	SI		NO	
			NO SABE	X
15	¿SE HAN REALIZADO PRUEBAS DE CALIDAD A LOS MATERIALES? (ENSAYOS DE RESISTENCIA, ETC)			
	SI		NO	X
			CUAL	
16	EXISTEN PROBLEMAS CON LA DURABILIDAD O DESEMPEÑO DE ALGUN MATERIAL			
	SI		NO	X
			CUAL	
17	OBSERVACIONES SOBRE LA CALIDAD DE MATERIALES			
	Se observa corrosión parcial en los aceros			

E	ALMACENAMIENTO DE MATERIALES			
18	¿DÓNDE SE ALMACENAN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN?			
	BAJO TECHO	X	EN CONTENEDORES	
	A INTEMPERIE	X	OTRO	
19	¿SE PROTEGE EL MATERIAL FRENTE A CONDICIONES CLIMATICAS? (LLUVIA, SOL, HUMEDAD)			
	SI		PARCIALMENTE	X
			NO	

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
C	APOYO TÉCNICO	
9	¿CUENTA CON LA ASESORIA DE UN PROFESIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN?	
	INGENIERO CIVIL ☐ ARQUITECTO ☐	MAESTRO DE OBRA ☒ ☐ OTRO ☐ ☐
10	¿CON QUE FRECUENCIA SE REALIZA LA ASESORIA TÉCNICA?	
	DIARIO ☐ SEMANAL ☐	ESPORADICAMENTE ☐ NUNCA ☒
11	¿HA RECIBIDO CAPACITACIÓN O INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE CONSTRUCCIÓN SEGURA?	
	SI ☐	NO ☒
12	OBSERVACIONES ADICIONALES	
D	CALIDAD DE LOS MATERIALES	
13	CLASIFICACION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA	
	EXCELENTE ☐ BUENA ☐	REGULAR ☒ ☐ MALA ☐ ☐
14	¿LOS MATERIALES UTILIZADOS CUMPLEN CON LAS NORMAS TÉCNICAS VIGENTES?	
	SI ☐	NO ☐ ☒ ☐ ☐
15	¿SE HAN REALIZADO PRUEBAS DE CALIDAD A LOS MATERIALES? (ENSAYOS DE RESISTENCIA, ETC)	
	SI ☐	NO ☒ ☐ ☐ ☐ CUAL
16	EXISTEN PROBLEMAS CON LA DURABILIDAD O DESEMPEÑO DE ALGUN MATERIAL	
	SI ☐	NO ☒ ☐ ☐ CUAL
17	OBSERVACIONES SOBRE LA CALIDAD DE MATERIALES	
	Se observa corrosión parcial en los aceros	
E	ALMACENAMIENTO DE MATERIALES	
18	¿DÓNDE SE ALMACENAN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN?	
	BAJO TECHO ☒ A INTEMPERIE ☒	EN CONTENEDORES ☐ OTRO ☐
19	¿SE PROTEGE EL MATERIAL FRENTE A CONDICIONES CLIMATICAS? (LLUVIA, SOL, HUMEDAD)	
	SI ☐	PARCIALMENTE ☒ ☐ NO ☐


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL


C	APOYO TÉCNICO			
9	¿CUENTA CON LA ASESORIA DE UN PROFESIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN?			
	INGENIERO CIVIL	☐	MAESTRO DE OBRA	☒ NO CUENTA ☐
	ARQUITECTO	☐	OTRO	☐
10	¿CON QUE FRECUENCIA SE REALIZA LA ASESORIA TÉCNICA?			
	DIARIO	☐	ESPORADICAMENTE	☐
	SEMANAL	☐	NUNCA	☒
11	¿HA RECIBIDO CAPACITACIÓN O INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE CONSTRUCCIÓN SEGURA?			
	SI	☐	NO	☒
12	OBSERVACIONES ADICIONALES			

D	CALIDAD DE LOS MATERIALES			
13	CLASIFICACION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA			
	EXCELENTE	☐	REGULAR	☒ MUY MALA ☐
	BUENA	☐	MALA	☐
14	¿LOS MATERIALES UTILIZADOS CUMPLEN CON LAS NORMAS TÉCNICAS VIGENTES?			
	SI	☐	NO	☐ NO SABE ☒
15	¿SE HAN REALIZADO PRUEBAS DE CALIDAD A LOS MATERIALES? (ENSAYOS DE RESISTENCIA, ETC)			
	SI	☐	NO	☒ CUAL ☐
16	EXISTEN PROBLEMAS CON LA DURABILIDAD O DESEMPEÑO DE ALGUN MATERIAL			
	SI	☐	NO	☒ CUAL ☐
17	OBSERVACIONES SOBRE LA CALIDAD DE MATERIALES			
	Se observa corrosión parcial en los aceros			

E	ALMACENAMIENTO DE MATERIALES			
18	¿DÓNDE SE ALMACENAN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN?			
	BAJO TECHO	☒	EN CONTENEDORES	☐
	A INTEMPERIE	☐	OTRO	☐
19	¿SE PROTEGE EL MATERIAL FRENTE A CONDICIONES CLIMATICAS? (LLUVIA, SOL, HUMEDAD)			
	SI	☐	PARCIALMENTE	☒ NO ☐

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																														
20	¿CÓMO SE ALMACENAN LOS SIGUIENTES MATERIALES																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>CEMENTO</td><td></td></tr> <tr><td>AGREGADO FINO</td><td></td></tr> <tr><td>AGREGADO GRUESO</td><td></td></tr> <tr><td>ACERO DE REFUERZO</td><td></td></tr> <tr><td>OTROS</td><td></td></tr> </table>	CEMENTO		AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		ACERO DE REFUERZO		OTROS		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>BAJO TECHO</td><td style="text-align: center;">☒</td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td></td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td></td></tr> <tr><td>BAJO TECHO</td><td style="text-align: center;">☒</td></tr> <tr><td>BAJO TECHO</td><td style="text-align: center;">☒</td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td style="text-align: center;">☒</td></tr> </table>	BAJO TECHO	☒	CUBIERTA		CUBIERTA		BAJO TECHO	☒	BAJO TECHO	☒	CUBIERTA	☒	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td></td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td style="text-align: center;">☒</td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td style="text-align: center;">☒</td></tr> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td></td></tr> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td></td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td></td></tr> </table>	A INTEMPERIE		DESCUBIERTA	☒	DESCUBIERTA	☒	A INTEMPERIE		A INTEMPERIE		DESCUBIERTA		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>EN ESTIBAS</td><td></td></tr> <tr><td>CON SEPARADORES</td><td></td></tr> <tr><td>CON SEPARADORES</td><td></td></tr> <tr><td>ELEVADO DEL SUELO</td><td></td></tr> <tr><td>EN ESTIBAS</td><td></td></tr> </table>	EN ESTIBAS		CON SEPARADORES		CON SEPARADORES		ELEVADO DEL SUELO		EN ESTIBAS	
CEMENTO																																															
AGREGADO FINO																																															
AGREGADO GRUESO																																															
ACERO DE REFUERZO																																															
OTROS																																															
BAJO TECHO	☒																																														
CUBIERTA																																															
CUBIERTA																																															
BAJO TECHO	☒																																														
BAJO TECHO	☒																																														
CUBIERTA	☒																																														
A INTEMPERIE																																															
DESCUBIERTA	☒																																														
DESCUBIERTA	☒																																														
A INTEMPERIE																																															
A INTEMPERIE																																															
DESCUBIERTA																																															
EN ESTIBAS																																															
CON SEPARADORES																																															
CON SEPARADORES																																															
ELEVADO DEL SUELO																																															
EN ESTIBAS																																															
21	¿EL ALMACENAMIENTO ACTUAL AFECTA A LA CALIDAD DE LOS MATERIALES?																																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>SI</td> <td style="text-align: center;">☒</td> <td>NO</td> <td></td> </tr> </table>	SI	☒	NO		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>MATERIAL (ES)</td> <td>Cemento, agregados, aceros</td> </tr> </table>	MATERIAL (ES)	Cemento, agregados, aceros																																							
SI	☒	NO																																													
MATERIAL (ES)	Cemento, agregados, aceros																																														
22	OBSERVACIONES ADICIONALES																																														
	Los materiales almacenados presentan algunas deficiencias como, corrosión en aceros y ladrillos dañados																																														
F	COMENTARIOS GENERALES																																														
23	¿QUÉ INFLUYE EN LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION?																																														
	El almacenamiento en la obra, el transporte a obra, la marca																																														
24	¿DESEA RECIBIR INFORMACIÓN O ASESORIA TÉCNICA ADICIONAL?																																														
	Si																																														
G	MUESTREO																																														
25	SOBRE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS																																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>VARILLAS DE 3/8"</td> <td style="text-align: center;">☒</td> <td>CANTIDAD</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>LONGITUD</td> <td style="text-align: center;">10 cm</td> </tr> <tr> <td>VARILLAS DE 1/2"</td> <td style="text-align: center;">☒</td> <td>CANTIDAD</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>LONGITUD</td> <td style="text-align: center;">10 cm</td> </tr> </table>	VARILLAS DE 3/8"	☒	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm	VARILLAS DE 1/2"	☒	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm																																		
VARILLAS DE 3/8"	☒	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm																																										
VARILLAS DE 1/2"	☒	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm																																										
	SOBRE EL GRADO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL																																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>CORROSIÓN ALTO</td> <td style="text-align: center;">☒</td> <td>CORROSIÓN MEDIA</td> <td></td> <td>CORROSIÓN BAJA</td> <td></td> </tr> </table>	CORROSIÓN ALTO	☒	CORROSIÓN MEDIA		CORROSIÓN BAJA																																									
CORROSIÓN ALTO	☒	CORROSIÓN MEDIA		CORROSIÓN BAJA																																											
	SOBRE EL TIPO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL																																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>TODA LA SUPERFICIE</td> <td style="text-align: center;">☒</td> <td>PARCIAL</td> <td></td> <td>POR PICADURA</td> <td></td> </tr> </table>	TODA LA SUPERFICIE	☒	PARCIAL		POR PICADURA																																									
TODA LA SUPERFICIE	☒	PARCIAL		POR PICADURA																																											
	OBSERVACIÓN ADICIONALES																																														
	Se observa corrosión alta visualmente en los aceros utilizados																																														

A		INFORMACIÓN GENERAL			
1 UBICACIÓN					
Av. Ricardo Palma N° 230					
2 TIPO DE CONSTRUCCIÓN					
NUEVA	☒	REMDELACIÓN	☐		
AMPLIACIÓN	☐	OTRO	☐		
3 ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN					
CIMENTACIÓN	☐	ACABADOS	☒	OTRO ☐	
ESTRUCTURA	☐	FINALIZADO	☐		
4 USO DE LA CONSTRUCCIÓN					
VIVIENDA	☒	ALMACEN	☐		
OFICINAS	☐	OTRO	☐		
5 NUMERO DE NIVELES					
4 NIVELES					
B		CONDICIONES DE LA CONSTRUCCIÓN			
6 ¿LA OBRA CUENTA CON PLANOS APROBADOS?					
SI	☐	CUALES			
NO	☐				
NO SABE	☒				
7 ¿SE HAN PRESENTADO PROBLEMAS ESTRUCTURALES VISIBLES? (GRIETAS, ASENTAMIENTOS, ETC?)					
SI	☐	CUALES	FISURAS HORIZONTALES	☐	
NO	☐		FISURAS VERTICALES	☐	
NO SABE	☒		FISURAS DIAGONALES	☐	
			DESCASCARAMIENTOS	☐	
8 OBSERVACIONES ADICIONALES					

C		APOYO TÉCNICO			
9	¿CUENTA CON LA ASESORIA DE UN PROFESIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN?				
	INGENIERO CIVIL		MAESTRO DE OBRA	X	NO CUENTA
	ARQUITECTO		OTRO		
10	¿CON QUE FRECUENCIA SE REALIZA LA ASESORIA TÉCNICA?				
	DIARIO		ESPORADICAMENTE		
	SEMANAL		NUNCA	X	
11	¿HA RECIBIDO CAPACITACIÓN O INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE CONSTRUCCIÓN SEGURA?				
	SI		NO	X	
12	OBSERVACIONES ADICIONALES				
D		CALIDAD DE LOS MATERIALES			
13	CLASIFICACION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA				
	EXCELENTE		REGULAR	X	MUY MALA
	BUENA		MALA		
14	¿LOS MATERIALES UTILIZADOS CUMPLEN CON LAS NORMAS TÉCNICAS VIGENTES?				
	SI		NO		NO SABE X
15	¿SE HAN REALIZADO PRUEBAS DE CALIDAD A LOS MATERIALES? (ENSAYOS DE RESISTENCIA, ETC)				
	SI		NO	X	CUAL
16	EXISTEN PROBLEMAS CON LA DURABILIDAD O DESEMPEÑO DE ALGUN MATERIAL				
	SI		NO	X	CUAL
17	OBSERVACIONES SOBRE LA CALIDAD DE MATERIALES				
Se observa corrosión parcial en los aceros					
E		ALMACENAMIENTO DE MATERIALES			
18	¿DÓNDE SE ALMACENAN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN?				
	BAJO TECHO	X	EN CONTENEDORES		
	A TEMPERIE		OTRO		
19	¿SE PROTEGE EL MATERIAL FRENTE A CONDICIONES CLIMATICAS? (LLUVIA, SOL, HUMEDAD)				
	SI		PARCIALMENTE	X	NO


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL


20	¿CÓMO SE ALMACENAN LOS SIGUIENTES MATERIALES																																										
	<table border="1"> <tr><td>CEMENTO</td></tr> <tr><td>AGREGADO FINO</td></tr> <tr><td>AGREGADO GRUESO</td></tr> <tr><td>ACERO DE REFUERZO</td></tr> <tr><td>OTROS</td></tr> </table>	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	ACERO DE REFUERZO	OTROS	<table border="1"> <tr><td>BAJO TECHO</td><td>X</td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td></td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td></td></tr> <tr><td>BAJO TECHO</td><td>X</td></tr> <tr><td>BAJO TECHO</td><td>X</td></tr> <tr><td>CUBIERTA</td><td>X</td></tr> </table>	BAJO TECHO	X	CUBIERTA		CUBIERTA		BAJO TECHO	X	BAJO TECHO	X	CUBIERTA	X	<table border="1"> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td></td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td>X</td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td>X</td></tr> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td></td></tr> <tr><td>A INTEMPERIE</td><td></td></tr> <tr><td>DESCUBIERTA</td><td></td></tr> </table>	A INTEMPERIE		DESCUBIERTA	X	DESCUBIERTA	X	A INTEMPERIE		A INTEMPERIE		DESCUBIERTA		<table border="1"> <tr><td>EN ESTIBAS</td><td></td></tr> <tr><td>CON SEPARADORES</td><td></td></tr> <tr><td>CON SEPARADORES</td><td></td></tr> <tr><td>ELEVADO DEL SUELO</td><td></td></tr> <tr><td>EN ESTIBAS</td><td></td></tr> </table>	EN ESTIBAS		CON SEPARADORES		CON SEPARADORES		ELEVADO DEL SUELO		EN ESTIBAS	
CEMENTO																																											
AGREGADO FINO																																											
AGREGADO GRUESO																																											
ACERO DE REFUERZO																																											
OTROS																																											
BAJO TECHO	X																																										
CUBIERTA																																											
CUBIERTA																																											
BAJO TECHO	X																																										
BAJO TECHO	X																																										
CUBIERTA	X																																										
A INTEMPERIE																																											
DESCUBIERTA	X																																										
DESCUBIERTA	X																																										
A INTEMPERIE																																											
A INTEMPERIE																																											
DESCUBIERTA																																											
EN ESTIBAS																																											
CON SEPARADORES																																											
CON SEPARADORES																																											
ELEVADO DEL SUELO																																											
EN ESTIBAS																																											
21	¿EL ALMACENAMIENTO ACTUAL AFECTA A LA CALIDAD DE LOS MATERIALES?																																										
	SI	X	NO		MATERIAL (ES)	Cemento, agregados, aceros																																					
22	OBSERVACIONES ADICIONALES																																										
	Los materiales almacenados presentan algunas deficiencias como, corrosión en aceros y ladrillos dañados																																										

F	COMENTARIOS GENERALES	
23	¿QUÉ INFLUYE EN LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION?	
	El almacenamiento en la obra, el transporte a obra, la marca	
24	¿DESEA RECIBIR INFORMACIÓN O ASESORIA TÉCNICA ADICIONAL?	
	Si	

G	MUESTREO					
25	SOBRE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS					
	VARILLAS DE 3/8"	X	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm
	VARILLAS DE 1/2"	X	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm
SOBRE EL GRADO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL						
	CORROSIÓN ALTO	X	CORROSIÓN MEDIA		CORROSIÓN BAJA	
SOBRE EL TIPO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL						
	TODA LA SUPERFICIE		PARCIAL	X	POR PICADURA	
OBSERVACIÓN ADICIONALES						
Se observa corrosión alta visualmente en los aceros utilizados						


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT

BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE ÁZPILCUETA CARBONELL

LUGAR SICUANI - CUSCO - PERÚ - 2025

A INFORMACIÓN GENERAL					
1 UBICACIÓN					
fr. Eusebio delgado, cerca al terminal Chasquis - Sicuani - Arequipa					
2 TIPO DE CONSTRUCCIÓN					
NUEVA	☒	REMDELACION	☐		
AMPLIACIÓN	☐	OTRO	☐		
3 ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN					
CIMENTACIÓN	☐	ACABADOS	☐	OTRO	☐
ESTRUCTURA	☒	FINALIZADO	☐		
4 USO DE LA COSNTRUCCIÓN					
VIVIENDA	☒	ALMACEN	☐		
OFICINAS	☐	OTRO	☐		
5 NUMERO DE NIVELES					
1 NIVEL					

B CONDICIONES DE LA CONSTRUCCIÓN					
6 ¿LA OBRA CUENTA CON PLANOS APROBADOS?					
SI	☐	CUALES			
NO	☐				
NO SABE	☒				
7 ¿SE HAN PRESENTADO PROBLEMAS ESTRUCTURALES VISIBLES? (GRIETAS, ASENTAMIENTOS, ETC?)					
SI	☐	CUALES	FISURAS HORIZONTALES	☐	
NO	☐		FISURAS VERTICALES	☐	
NO SABE	☒		FISURAS DIAGONALES	☐	
			DESCASCARAMIENTOS	☐	
8 OBSERVACIONES ADICIONALES					


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL


C		APOYO TÉCNICO			
9	¿CUENTA CON LA ASESORIA DE UN PROFESIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN?				
	INGENIERO CIVIL	☐	MAESTRO DE OBRA	☒	NO CUENTA
	ARQUITECTO	☐	OTRO	☐	
10	¿CON QUE FRECUENCIA SE REALIZA LA ASESORIA TÉCNICA?				
	DIARIO	☐	ESPORADICAMENTE	☐	
	SEMANAL	☐	NUNCA	☒	
11	¿HA RECIBIDO CAPACITACIÓN O INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE CONSTRUCCIÓN SEGURA?				
	SI	☐	NO	☒	
12	OBSERVACIONES ADICIONALES				

D		CALIDAD DE LOS MATERIALES			
13	CLASIFICACION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA				
	EXCELENTE	☐	REGULAR	☒	MUY MALA
	BUENA	☐	MALA	☐	
14	¿LOS MATERIALES UTILIZADOS CUMPLEN CON LAS NORMAS TÉCNICAS VIGENTES?				
	SI	☐	NO	☐	NO SABE
				☒	
15	¿SE HAN REALIZADO PRUEBAS DE CALIDAD A LOS MATERIALES? (ENSAYOS DE RESISTENCIA, ETC)				
	SI	☐	NO	☒	CUAL
16	EXISTEN PROBLEMAS CON LA DURABILIDAD O DESEMPEÑO DE ALGUN MATERIAL				
	SI	☐	NO	☒	CUAL
17	OBSERVACIONES SOBRE LA CALIDAD DE MATERIALES				
	Se observa corrosión parcial en los aceros				

E		ALMACENAMIENTO DE MATERIALES			
18	¿DÓNDE SE ALMACENAN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN?				
	BAJO TECHO	☒	EN CONTENEDORES	☐	
	A INTEMPERIE	☐	OTRO	☐	
19	¿SE PROTEGE EL MATERIAL FRENTE A CONDICIONES CLIMATICAS? (LLUVIA, SOL, HUMEDAD)				
	SI	☐	PARCIALMENTE	☒	NO
				☐	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



20	¿CÓMO SE ALMACENAN LOS SIGUIENTES MATERIALES					
CEMENTO	BAJO TECHO		A INTEMPERIE	X	EN ESTIBAS	
AGREGADO FINO	CUBIERTA		DESCUBIERTA	X	CON SEPARADORES	
AGREGADO GRUESO	CUBIERTA		DESCUBIERTA	X	CON SEPARADORES	
ACERO DE REFUERZO	BAJO TECHO		A INTEMPERIE	X	ELEVADO DEL SUELO	
OTROS	BAJO TECHO		A INTEMPERIE	X	EN ESTIBAS	
	CUBIERTA	X	DESCUBIERTA			
21	¿EL ALMACENAMIENTO ACTUAL AFECTA A LA CALIDAD DE LOS MATERIALES?					
SI	X	NO		MATERIAL (ES)	Cemento, agregados, aceros	
22	OBSERVACIONES ADICIONALES					
Los materiales almacenados presentan algunas deficiencias como, corrosión en aceros y ladrillos dañados						

F	COMENTARIOS GENERALES	
23	¿QUÉ INFLUYE EN LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN?	
El almacenamiento en la obra, el transporte a obra, la marca		
24	¿DESEA RECIBIR INFORMACIÓN O ASESORIA TÉCNICA ADICIONAL?	
Si		

G	MUESTREO				
25	SOBRE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS				
VARILLAS DE 3/8"	X	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm
VARILLAS DE 1/2"	X	CANTIDAD	3	LONGITUD	10 cm
SOBRE EL GRADO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL					
CORROSIÓN ALTO	X	CORROSIÓN MEDIA		CORROSIÓN BAJA	
SOBRE EL TIPO DE CORROSIÓN - OBSERVACIÓN VISUAL					
TODA LA SUPERFICIE		PARCIAL	X	POR PICADURA	
OBSERVACIÓN ADICIONALES					
Se observa corrosión alta visualmente en los aceros utilizados					

Anexo 06. Datos de muestras recolectadas en obra

Muestras de 1/2"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL												
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025											
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA											
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL											
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025											
DATOS INICIALES DE MUESTRAS RECOLECTADAS EN OBRA												
MUESTRA	DIÁMETRO (cm)			D. Promedio (dm)	Sección (cm ²)	PESO INICIAL (gr)	LONGITUD (cm)		L. Promedio (cm)	PESO NOMINAL (gr)	Sección Nominal (cm ²)	OBSERVACIONES
	d1	d2	d3				D	S0				
M-01-01	1.16	1.12	1.13	1.14	1.02	94.40	10.00	10.10	10.05	99.90	1.29	
M-01-02	1.22	1.21	1.24	1.22	1.17	94.67	10.18	10.13	10.16	100.99	1.29	
M-01-03	1.23	1.24	1.22	1.23	1.19	95.73	10.10	10.11	10.11	100.49	1.29	
M-02-01	1.22	1.22	1.20	1.21	1.15	93.33	9.95	9.99	9.97	99.10	1.29	
M-02-02	1.23	1.25	1.23	1.24	1.21	92.65	9.93	9.97	9.95	98.90	1.29	
M-02-03	1.22	1.23	1.22	1.22	1.17	96.10	10.17	10.24	10.21	101.49	1.29	
M-03-01	1.25	1.22	1.23	1.23	1.19	93.89	10.03	10.03	10.03	99.70	1.29	
M-03-02	1.20	1.20	1.20	1.20	1.13	92.67	9.89	9.88	9.89	98.31	1.29	
M-03-03	1.21	1.22	1.21	1.21	1.15	93.67	9.97	9.99	9.98	99.20	1.29	
M-04-01	1.23	1.20	1.22	1.22	1.17	92.35	9.90	9.93	9.92	98.60	1.29	
M-04-02	1.20	1.17	1.16	1.18	1.09	93.72	10.02	10.01	10.02	99.60	1.29	
M-04-03	1.23	1.24	1.23	1.23	1.19	93.06	9.94	9.95	9.95	98.90	1.29	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS INICIALES DE MUESTRAS RECOLECTADAS EN OBRA

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)			D. Promedio (dm)	Sección (cm ²)	PESO INICIAL (gr)	LONGITUD (cm)		L. Promedio (cm)	PESO NOMINAL (gr)	Sección Nominal (cm ²)	OBSERVACIONES
	d1	d2	d3	D	S0	W0	I1	I2	L	W	S	
M-05-01	1.22	1.16	1.18	1.19	1.11	90.42	9.70	9.68	9.69	96.32	1.29	
M-05-02	1.22	1.18	1.20	1.20	1.13	93.39	9.90	9.94	9.92	98.60	1.29	
M-05-03	1.20	1.13	1.16	1.16	1.06	94.14	10.00	10.12	10.06	100.00	1.29	
M-06-01	1.23	1.22	1.27	1.24	1.21	92.54	9.83	9.78	9.81	97.51	1.29	
M-06-02	1.22	1.23	1.20	1.22	1.17	94.66	9.96	10.05	10.01	99.50	1.29	
M-06-03	1.23	1.23	1.19	1.22	1.17	94.04	9.92	9.97	9.95	98.90	1.29	
M-07-01	1.22	1.20	1.24	1.22	1.17	93.78	9.99	9.97	9.98	99.20	1.29	
M-07-02	1.21	1.22	1.24	1.22	1.17	94.08	10.00	10.10	10.05	99.90	1.29	
M-07-03	1.22	1.24	1.22	1.23	1.19	92.16	9.90	9.88	9.89	98.31	1.29	
M-08-01	1.22	1.24	1.24	1.23	1.19	94.85	10.13	10.08	10.11	100.49	1.29	
M-08-02	1.22	1.23	1.23	1.23	1.19	94.86	9.99	10.04	10.02	99.60	1.29	
M-08-03	1.17	1.16	1.19	1.17	1.08	91.64	9.89	9.86	9.88	98.21	1.29	

Muestras de 3/8"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS INICIALES DE MUESTRAS RECOLECTADAS EN OBRA

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)			D. Promedio (dm)	Sección (cm ²)	PESO INICIAL (gr)	LONGITUD (cm)		L. Promedio (cm)	PESO NOMINAL (gr)	Sección Nominal (cm ²)	OBSERVACIONES
	d1	d2	d3				I1	I2				
M-01-01	0.88	0.87	0.84	0.86	0.58	54.14	10.00	9.89	9.95	55.72	0.71	
M-01-02	0.90	0.87	0.85	0.87	0.59	52.86	9.90	9.92	9.91	55.50	0.71	
M-01-03	0.88	0.88	0.86	0.87	0.59	52.74	9.98	10.00	9.99	55.94	0.71	
M-02-01	0.88	0.88	0.90	0.89	0.62	51.19	9.70	9.84	9.77	54.71	0.71	
M-02-02	0.90	0.93	0.93	0.92	0.66	54.99	10.30	10.20	10.25	57.40	0.71	
M-02-03	0.93	0.90	0.88	0.90	0.64	51.92	9.89	9.86	9.88	55.33	0.71	
M-03-01	0.90	0.88	0.90	0.89	0.62	54.23	10.31	10.32	10.32	57.79	0.71	
M-03-02	0.85	0.88	0.85	0.86	0.58	52.00	9.83	9.98	9.91	55.50	0.71	
M-03-03	0.90	0.87	0.86	0.88	0.61	52.43	9.88	9.99	9.94	55.66	0.71	
M-04-01	0.92	0.90	0.93	0.92	0.66	49.46	9.60	9.52	9.56	53.54	0.71	
M-04-02	0.88	0.86	0.88	0.87	0.59	52.92	10.03	9.97	10.00	56.00	0.71	
M-04-03	0.88	0.88	0.91	0.89	0.62	52.43	9.92	9.98	9.95	55.72	0.71	
M-05-01	0.90	0.88	0.88	0.89	0.62	52.46	9.98	10.07	10.03	56.17	0.71	
M-05-02	0.88	0.89	0.88	0.88	0.61	52.33	9.97	9.97	9.97	55.83	0.71	
M-05-03	0.89	0.86	0.89	0.88	0.61	52.56	10.12	10.10	10.11	56.62	0.71	
M-06-01	0.88	0.88	0.88	0.88	0.61	52.02	9.97	9.92	9.95	55.72	0.71	
M-06-02	0.90	0.86	0.90	0.89	0.62	52.04	10.00	9.99	10.00	56.00	0.71	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICHUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS INICIALES DE MUESTRAS RECOLECTADAS EN OBRA

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)			D. Promedio (dm)	Sección (cm ²)	PESO INICIAL (gr)	LONGITUD (cm)		L. Promedio (cm)	PESO NOMINAL (gr)	Sección Nominal (cm ²)	OBSERVACIONES
	d1	d2	d3				I1	I2				
M-06-03	0.90	0.89	0.90	0.90	0.64	52.42	10.06	10.08	10.07	56.39	0.71	
M-07-01	0.88	0.86	0.91	0.88	0.61	51.45	9.77	9.85	9.81	54.94	0.71	
M-07-02	0.89	0.89	0.89	0.89	0.62	53.51	10.11	10.19	10.15	56.84	0.71	
M-07-03	0.89	0.91	0.89	0.90	0.64	51.93	9.80	9.87	9.84	55.10	0.71	
M-08-01	0.90	0.91	0.93	0.91	0.65	52.98	9.87	9.88	9.88	55.33	0.71	
M-08-02	0.90	0.92	0.90	0.91	0.65	53.37	9.92	9.97	9.95	55.72	0.71	
M-08-03	0.90	0.92	0.91	0.91	0.65	53.54	9.94	9.98	9.96	55.78	0.71	
M-09-01	0.89	0.92	0.90	0.90	0.64	53.27	10.12	10.14	10.13	56.73	0.71	
M-09-02	0.88	0.86	0.88	0.87	0.59	52.52	9.97	9.98	9.98	55.89	0.71	
M-09-03	0.85	0.87	0.85	0.86	0.58	51.98	9.89	10.00	9.95	55.72	0.71	
M-10-01	0.87	0.89	0.87	0.88	0.61	52.46	9.98	9.96	9.97	55.83	0.71	
M-10-02	0.87	0.87	0.89	0.88	0.61	52.31	9.92	9.93	9.93	55.61	0.71	
M-10-03	0.88	0.88	0.86	0.87	0.59	52.16	9.90	9.96	9.93	55.61	0.71	
M-11-01	0.86	0.88	0.88	0.87	0.59	53.38	9.97	10.00	9.99	55.94	0.71	
M-11-02	0.85	0.84	0.84	0.84	0.55	51.74	9.80	9.96	9.88	55.33	0.71	
M-11-03	0.90	0.86	0.86	0.87	0.59	53.63	10.00	9.98	9.99	55.94	0.71	

Anexo 07. Corrosión de muestras recolectadas en obra

Muestras de 1/2"

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 											
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025										
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA										
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL										
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025										
ENSAYO DE PORCENTAJE DE CORROSIÓN											
$C = \left(\frac{W0 - W1}{W1} \right) \times 100$											
MUESTRA	Diámetro Promedio (dm)	Sección (cm2)	PESO INICIAL (gr)	L. Promedio (cm)	PESO NOMINAL (gr)	Sección Nominal (cm2)	Peso tras limpieza y secado	Diferencia de pesos	% CORROSIÓN	% CORROSIÓN PROMEDIO	OBSERVACIONES
	D	S0	W0	L	W	S	W1	ΔW=W0-W1	ΔW/W0*100	ΔW	
M-01-01	1.14	1.02	94.40	10.05	99.90	1.29	94.25	0.15	0.16%	0.17%	
M-01-02	1.22	1.17	94.67	10.16	100.99	1.29	94.56	0.11	0.12%		
M-01-03	1.23	1.19	95.73	10.11	100.49	1.29	95.51	0.22	0.23%		
M-02-01	1.21	1.15	93.33	9.97	99.10	1.29	92.43	0.90	0.97%	2.06%	
M-02-02	1.24	1.21	92.65	9.95	98.90	1.29	95.92	-3.27	-		
M-02-03	1.22	1.17	96.10	10.21	101.49	1.29	93.16	2.94	3.16%		
M-03-01	1.23	1.19	93.89	10.03	99.70	1.29	93.77	0.12	0.13%	0.13%	
M-03-02	1.20	1.13	92.67	9.89	98.31	1.29	92.56	0.11	0.12%		
M-03-03	1.21	1.15	93.67	9.98	99.20	1.29	93.54	0.13	0.14%		
M-04-01	1.22	1.17	92.35	9.92	98.60	1.29	92.67	-0.32	-	1.76%	
M-04-02	1.18	1.09	93.72	10.02	99.60	1.29	92.10	1.62	1.76%		
M-04-03	1.23	1.19	93.06	9.95	98.90	1.29	93.39	-0.33	-		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR CUSCO - PERÚ - 2025

ENSAYO DE PORCENTAJE DE CORROSIÓN

$$C = \left(\frac{W_0 - W_1}{W_1} \right) \times 100$$

MUESTRA	Díámetro Promedio (dm)	Sección (cm ²)	PESO INICIAL (gr)	L. Promedio (cm)	PESO NOMINAL (gr)	Sección Nominal (cm ²)	Peso tras limpieza y secado	Diferencia de pesos	% CORROSIÓN	% CORROSIÓN PROMEDIO	OBSERVACIONES
	D	S0	W0	L	W	S	W1	ΔW=W0-W1	ΔW/W0*100	ΔW	
M-05-01	1.19	1.11	90.42	9.69	96.32	1.29	89.81	0.61	0.68%	0.55%	
M-05-02	1.20	1.13	93.39	9.92	98.60	1.29	92.96	0.43	0.46%		
M-05-03	1.16	1.06	94.14	10.06	100.00	1.29	93.66	0.48	0.51%		
M-06-01	1.24	1.21	92.54	9.81	97.51	1.29	92.20	0.34	0.37%	0.42%	
M-06-02	1.22	1.17	94.66	10.01	99.50	1.29	94.24	0.42	0.45%		
M-06-03	1.22	1.17	94.04	9.95	98.90	1.29	93.63	0.41	0.44%		
M-07-01	1.22	1.17	93.78	9.98	99.20	1.29	93.31	0.47	0.50%	0.45%	
M-07-02	1.22	1.17	94.08	10.05	99.90	1.29	93.66	0.42	0.45%		
M-07-03	1.23	1.19	92.16	9.89	98.31	1.29	91.80	0.36	0.39%		
M-08-01	1.23	1.19	94.85	10.11	100.49	1.29	94.32	0.53	0.56%	0.45%	
M-08-02	1.23	1.19	94.86	10.02	99.60	1.29	94.45	0.41	0.43%		
M-08-03	1.17	1.08	91.64	9.88	98.21	1.29	91.33	0.31	0.34%		

Muestras de 3/8"

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE PORCENTAJE DE CORROSIÓN											
$C = \left(\frac{W_0 - W_1}{W_1} \right) \times 100$											
MUESTRA	Díámetro Promedio (dm)	Sección (cm ²)	PESO INICIAL (gr)	L. Promedio (cm)	PESO NOMINAL (gr)	Sección Nominal (cm ²)	Peso tras limpieza y secado	Diferencia de pesos	% CORROSIÓN	% CORROSIÓN PROMEDIO	OBSERVACIONES
	D	S0	W0	L	W	S	W1	ΔW=W0-W1	ΔW/W0*100	ΔW	
M-01-01	0.86	0.58	54.14	9.95	55.72	0.71	53.58	0.56	1.05%	1.64%	
M-01-02	0.87	0.59	52.86	9.91	55.50	0.71	51.84	1.02	1.97%		
M-01-03	0.87	0.59	52.74	9.99	55.94	0.71	51.75	0.99	1.91%		
M-02-01	0.89	0.62	51.19	9.77	54.71	0.71	49.27	1.92	3.90%	4.03%	
M-02-02	0.92	0.66	54.99	10.25	57.40	0.71	51.710	3.280	6.34%		
M-02-03	0.90	0.64	51.92	9.88	55.33	0.71	50.97	0.95	1.86%		
M-03-01	0.89	0.62	54.23	10.32	57.79	0.71	53.97	0.26	0.48%	0.42%	
M-03-02	0.86	0.58	52.00	9.91	55.50	0.71	51.80	0.20	0.39%		
M-03-03	0.88	0.61	52.43	9.94	55.66	0.71	52.22	0.21	0.40%		
M-04-01	0.92	0.66	52.93	9.56	53.54	0.71	50.88	2.05	4.03%	4.13%	
M-04-02	0.87	0.59	52.92	10.00	56.00	0.71	49.01	3.91	7.98%		
M-04-03	0.89	0.62	52.43	9.95	55.72	0.71	52.23	0.20	0.38%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSION DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR CUSCO - PERÚ - 2025

ENSAYO DE PORCENTAJE DE CORROSIÓN

$$C = \left(\frac{W_0 - W_1}{W_1} \right) \times 100$$

MUESTRA	Diámetro Promedio (dm)	Sección (cm ²)	PESO INICIAL (gr)	L. Promedio (cm)	PESO NOMINAL (gr)	Sección Nominal (cm ²)	Peso tras limpieza y secado	Diferencia de pesos	% CORROSIÓN	% CORROSIÓN PROMEDIO	OBSERVACIONES
	D	S0	W0	L	W	S	W1	ΔW=W0-W1	ΔW/W0*100	ΔW	
M-05-01	0.89	0.62	52.46	10.03	56.17	0.71	52.18	0.28	0.54%	0.55%	
M-05-02	0.88	0.61	52.33	9.97	55.83	0.71	52.05	0.28	0.54%		
M-05-03	0.88	0.61	52.56	10.11	56.62	0.71	52.26	0.30	0.57%		
M-06-01	0.88	0.61	52.40	9.95	55.72	0.71	52.00	0.40	0.77%	0.78%	
M-06-02	0.89	0.62	52.04	10.00	56.00	0.71	51.84	0.20	0.39%		
M-06-03	0.90	0.64	52.42	10.07	56.39	0.71	51.80	0.62	1.20%		
M-07-01	0.88	0.61	51.45	9.81	54.94	0.71	51.27	0.18	0.35%	0.42%	
M-07-02	0.89	0.62	53.51	10.15	56.84	0.71	53.17	0.34	0.64%		
M-07-03	0.90	0.64	51.93	9.84	55.10	0.71	51.79	0.14	0.27%		
M-08-01	0.91	0.65	52.98	9.88	55.33	0.71	52.49	0.49	0.93%	0.99%	
M-08-02	0.91	0.65	53.37	9.95	55.72	0.71	52.82	0.55	1.04%		
M-08-03	0.91	0.65	53.54	9.96	55.78	0.71	53.01	0.53	1.00%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

ENSAYO DE PORCENTAJE DE CORROSIÓN

$$C = \left(\frac{W_0 - W_1}{W_1} \right) \times 100$$

MUESTRA	Diámetro Promedio (dm)	Sección (cm ²)	PESO INICIAL (gr)	L. Promedio (cm)	PESO NOMINAL (gr)	Sección Nominal (cm ²)	Peso tras limpieza y secado	Diferencia de pesos	% CORROSIÓN	% CORROSIÓN PROMEDIO	OBSERVACIONES
	D	S ₀	W ₀	L	W	S	W ₁	ΔW=W ₀ -W ₁	ΔW/W ₀ *100	ΔW	
M-09-01	0.90	0.64	53.27	10.13	56.73	0.71	52.97	0.30	0.57%	0.76%	
M-09-02	0.87	0.59	52.52	9.98	55.89	0.71	52.01	0.51	0.98%		
M-09-03	0.86	0.58	51.98	9.95	55.72	0.71	51.60	0.38	0.74%		
M-10-01	0.88	0.61	52.46	9.97	55.83	0.71	52.19	0.27	0.52%	0.57%	
M-10-02	0.88	0.61	52.31	9.93	55.61	0.71	51.97	0.34	0.65%		
M-10-03	0.87	0.59	52.16	9.93	55.61	0.71	51.88	0.28	0.54%		
M-11-01	0.87	0.59	53.38	9.99	55.94	0.71	51.23	2.15	4.20%	2.63%	
M-11-02	0.84	0.55	53.38	9.88	55.33	0.71	52.02	1.36	2.61%		
M-11-03	0.87	0.59	53.63	9.99	55.94	0.71	53.06	0.57	1.07%		

Anexo 08. Reducción de sección de muestras recolectadas en obra
Muestras de 1/2"

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 											
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025										
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA										
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL										
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025										

REDUCCIÓN DE SECCIÓN											
$\Delta A = \left(\frac{S_0 - S'}{S'} \right) \times 100$											
MUESTRA	D. Promedio (dm)	Sección (cm ²)	Sección Nominal (cm ²)	D. Imp. Promedio (dm)	Sección limpieza (cm ²)	Reducción de diámetro	% reducción de diámetro	% rednc. Promedio diámetro	% reducción de sección	% reduc. Promedio sección	OBSERVACIONES
	D	S ₀	S	D'	S'	CM	ΔD	ΔD	ΔA	ΔA	
M-01-01	1.14	1.02	1.29	1.21	1.15	-0.07	-	2.51%	-	5.09%	
M-01-02	1.22	1.17	1.29	1.19	1.11	0.03	2.52%		5.13%		
M-01-03	1.23	1.19	1.29	1.2	1.13	0.03	2.50%		5.04%		
M-02-01	1.21	1.15	1.29	1.2	1.13	0.01	0.83%	1.94%	1.74%	3.94%	
M-02-02	1.24	1.21	1.29	1.21	1.15	0.03	2.48%		4.96%		
M-02-03	1.22	1.17	1.29	1.19	1.11	0.03	2.52%		5.13%		
M-03-01	1.23	1.19	1.29	1.2	1.13	0.03	2.50%	1.11%	5.04%	2.27%	
M-03-02	1.2	1.13	1.29	1.19	1.11	0.01	0.84%		1.77%		
M-03-03	1.21	1.15	1.29	1.21	1.15	0	0.00%		0.00%		
M-04-01	1.22	1.17	1.29	1.19	1.11	0.03	2.52%	2.09%	5.13%	4.24%	
M-04-02	1.18	1.09	1.29	1.2	1.13	-0.02	-		-		
M-04-03	1.23	1.19	1.29	1.21	1.15	0.02	1.65%		3.36%		

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELÍPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

REDUCCIÓN DE SECCIÓN											
$\Delta A = \left(\frac{S_0 - S'}{S'} \right) \times 100$											
MUESTRA	D. Promedio (dm)	Sección (cm ²)	Sección Nominal (cm ²)	D. limp. Promedio (dm)	Sección limpieza (cm ²)	Reducción de diámetro	% reducción de diámetro	% reduc. Promedio diámetro	% reducción de sección	% reduc. Promedio sección	OBSERVACIONES
	D	S ₀	S	D'	S'	CM	ΔD	ΔD	ΔA	ΔA	
M-05-01	1.19	1.11	1.29	1.18	1.09	0.01	0.85%	0.84%	1.80%	1.79%	
M-05-02	1.2	1.13	1.29	1.19	1.11	0.01	0.84%		1.77%		
M-05-03	1.16	1.06	1.29	1.2	1.13	-0.04	-		-		
M-06-01	1.24	1.21	1.29	1.18	1.09	0.06	5.08%	3.09%	9.92%	6.15%	
M-06-02	1.22	1.17	1.29	1.2	1.13	0.02	1.67%		3.42%		
M-06-03	1.22	1.17	1.29	1.19	1.11	0.03	2.52%		5.13%		
M-07-01	1.22	1.17	1.29	1.18	1.09	0.04	3.39%	3.11%	6.84%	5.93%	
M-07-02	1.22	1.17	1.29	1.21	1.15	0.01	0.83%		1.71%		
M-07-03	1.23	1.19	1.29	1.17	1.08	0.06	5.13%		9.24%		
M-08-01	1.23	1.19	1.29	1.19	1.11	0.04	3.36%	2.51%	6.72%	5.04%	
M-08-02	1.23	1.19	1.29	1.21	1.15	0.02	1.65%		3.36%		
M-08-03	1.17	1.08	1.29	1.19	1.11	-0.02	-		-		

Muestras de 3/8"

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 											
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025										
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA										
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL										
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025										

REDUCCIÓN DE SECCIÓN											
$\Delta A = \left(\frac{S_0 - S'}{S'} \right) \times 100$											
MUESTRA	D. Promedio (dm)	Sección (cm ²)	Sección Nominal (cm ²)	D. limp. Promedio (dm)	Sección limpieza (cm ²)	Reducción de diámetro	% reducción de diámetro	% reduc. Promedio diámetro	% reducción de sección	% reduc. Promedio sección	OBSERVACIONES
	D	S ₀	S	D'	S'	CM	ΔD	ΔD	ΔA	ΔA	
M-05-01	0.89	0.62	0.71	0.79	0.49	0.1	12.66%	9.10%	20.97%	15.73%	
M-05-02	0.88	0.61	0.71	0.82	0.53	0.06	7.32%		13.11%		
M-05-03	0.88	0.61	0.71	0.82	0.53	0.06	7.32%		13.11%		
M-06-01	0.88	0.61	0.71	0.78	0.48	0.1	12.82%	9.94%	21.31%	17.13%	
M-06-02	0.89	0.62	0.71	0.83	0.54	0.06	7.23%		12.90%		
M-06-03	0.9	0.64	0.71	0.82	0.53	0.08	9.76%		17.19%		
M-07-01	0.88	0.61	0.71	0.81	0.52	0.07	8.64%	9.89%	14.75%	17.05%	
M-07-02	0.89	0.62	0.71	0.82	0.53	0.07	8.54%		14.52%		
M-07-03	0.9	0.64	0.71	0.8	0.5	0.1	12.50%		21.88%		
M-08-01	0.91	0.65	0.71	0.81	0.52	0.1	12.35%	11.89%	20.00%	19.49%	
M-08-02	0.91	0.65	0.71	0.82	0.53	0.09	10.98%		18.46%		
M-08-03	0.91	0.65	0.71	0.81	0.52	0.1	12.35%		20.00%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

REDUCCIÓN DE SECCIÓN

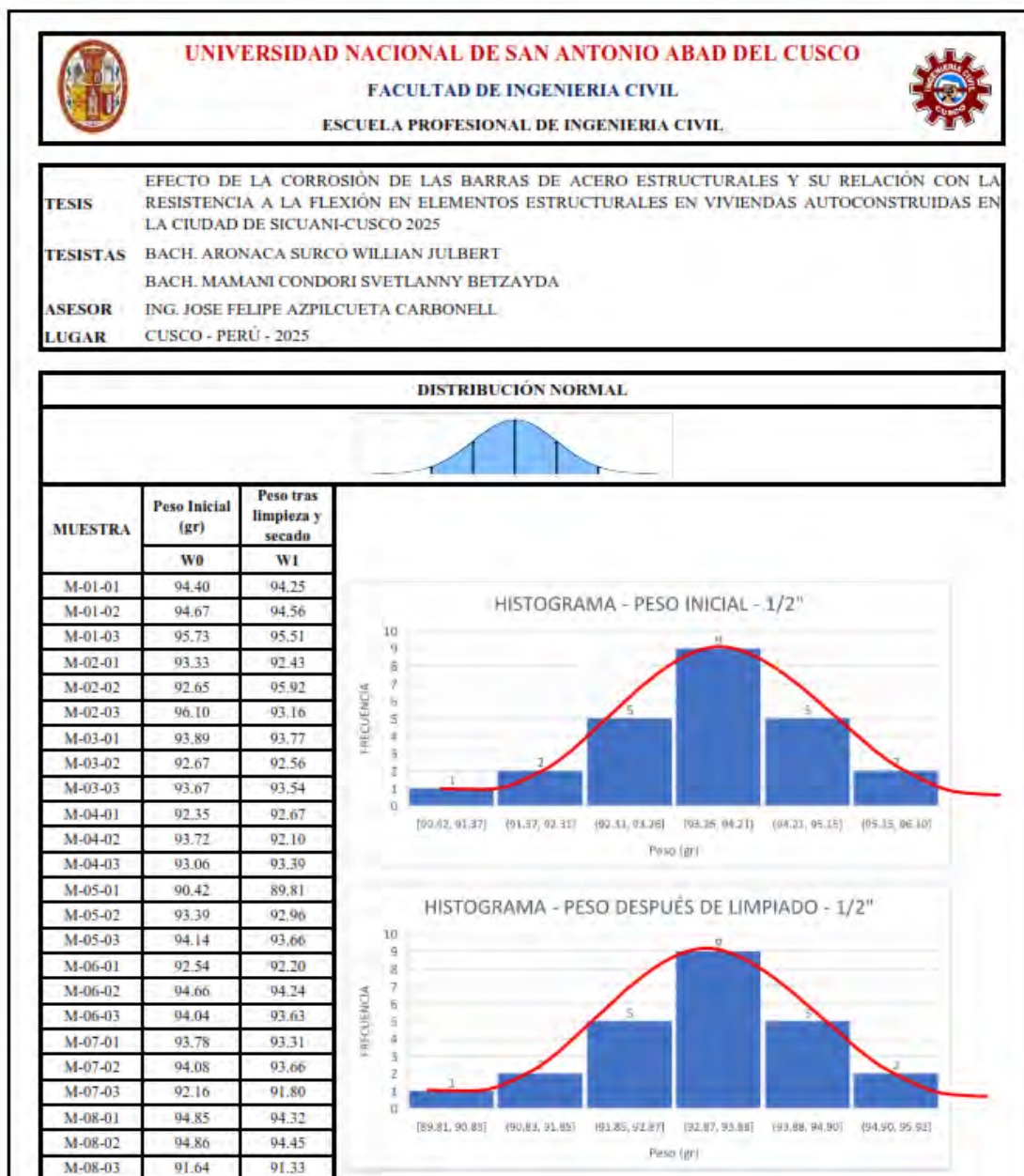
$$\Delta A = \left(\frac{S_0 - S'}{S'} \right) \times 100$$

MUESTRA	D. Promedio (dm)	Sección (cm ²)	Sección Nominal (cm ²)	D. limp. Promedio (dm)	Sección limpieza (cm ²)	Reducción de diámetro	% reducción de diámetro	% reduc. Promedio diámetro	% reducción de sección	% reduc. Promedio sección	OBSERVACIONES
	D	S ₀	S	D'	S'	CM	ΔD	ΔD	ΔA	ΔA	
M-09-01	0.9	0.64	0.71	0.82	0.53	0.08	9.76%	7.79%	17.19%	13.69%	
M-09-02	0.87	0.59	0.71	0.8	0.5	0.07	8.75%		15.25%		
M-09-03	0.86	0.58	0.71	0.82	0.53	0.04	4.88%		8.62%		
M-10-01	0.88	0.61	0.71	0.83	0.54	0.05	6.02%	6.05%	11.48%	11.02%	
M-10-02	0.88	0.61	0.71	0.82	0.53	0.06	7.32%		13.11%		
M-10-03	0.87	0.59	0.71	0.83	0.54	0.04	4.82%		8.47%		
M-11-01	0.87	0.59	0.71	0.81	0.52	0.06	7.41%	7.05%	11.86%	12.07%	
M-11-02	0.84	0.55	0.71	0.8	0.5	0.04	5.00%		9.09%		
M-11-03	0.87	0.59	0.71	0.8	0.5	0.07	8.75%		15.25%		

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS TESISTAS ASESOR LUGAR	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025 BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL CUSCO - PERÚ - 2025	

REDUCCIÓN DE SECCIÓN											
$\Delta A = \left(\frac{S_0 - S'}{S'} \right) \times 100$											
MUESTRA	D. Promedio (dm)	Sección (cm ²)	Sección Nominal (cm ²)	D. limp. Promedio (dm)	Sección limpieza (cm ²)	Reducción de diámetro	% reducción de diámetro	% reduc. Promedio diámetro	% reducción de sección	% reduc. Promedio sección	OBSERVACIONES
	D	S ₀	S	D'	S'	CM	ΔD	ΔD	ΔA	ΔA	
M-01-01	0.86	0.58	0.71	0.83	0.54	0.03	3.61%	3.67%	6.90%	6.25%	
M-01-02	0.87	0.59	0.71	0.87	0.59	0	0.00%		0.00%		
M-01-03	0.87	0.59	0.71	0.81	0.52	0.06	7.41%		11.86%		
M-02-01	0.89	0.62	0.71	0.82	0.53	0.07	8.54%	8.83%	14.52%	15.60%	
M-02-02	0.92	0.66	0.71	0.84	0.55	0.08	9.52%		16.67%		
M-02-03	0.9	0.64	0.71	0.83	0.54	0.07	8.43%		15.63%		
M-03-01	0.89	0.62	0.71	0.85	0.57	0.04	4.71%	4.01%	8.06%	7.06%	
M-03-02	0.86	0.58	0.71	0.86	0.58	0	0.00%		0.00%		
M-03-03	0.88	0.61	0.71	0.82	0.53	0.06	7.32%		13.11%		
M-04-01	0.92	0.66	0.71	0.82	0.53	0.1	12.20%	9.83%	19.70%	15.90%	
M-04-02	0.87	0.59	0.71	0.81	0.52	0.06	7.41%		11.86%		
M-04-03	0.89	0.62	0.71	0.81	0.52	0.08	9.88%		16.13%		

Anexo 09. Histograma de los datos de las muestras recolectadas





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR CUSCO - PERÚ - 2025

DISTRIBUCIÓN NORMAL



MUESTRA	Peso Inicial (gr)	Peso tras limpieza y secado
	W0	W1
M-01-01	54.14	53.58
M-01-02	52.86	51.84
M-01-03	52.74	51.75
M-02-01	51.19	51.71
M-02-02	54.99	54.64
M-02-03	51.92	50.97
M-03-01	54.23	53.97
M-03-02	52.00	51.80
M-03-03	52.43	52.22
M-04-01	49.46	49.01
M-04-02	52.92	52.73
M-04-03	52.43	52.23
M-05-01	52.46	52.18
M-05-02	52.33	52.05
M-05-03	52.56	52.26
M-06-01	52.02	52.22
M-06-02	52.04	51.84
M-06-03	52.42	51.80
M-07-01	51.45	51.27
M-07-02	53.51	53.17
M-07-03	51.93	51.79
M-08-01	52.98	52.49
M-08-02	53.37	52.82
M-08-03	53.54	53.01
M-09-01	53.27	52.97
M-09-02	52.52	52.01
M-09-03	51.98	51.60
M-10-01	52.46	52.19
M-10-02	52.31	51.97
M-10-03	52.16	51.88
M-11-01	53.38	51.23
M-11-02	51.74	52.72
M-11-03	53.63	53.06



Anexo 10. Prueba T para los pesos antes y después de la limpieza



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSION DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACION CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICHUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR CUSCO - PERÚ - 2025

ANALISIS ESTADISTICO

$$\bar{D} = \frac{\sum Di}{n} \quad s_D = \sqrt{\frac{\sum (Di - \bar{D})^2}{n - 1}} \quad t = \frac{\bar{D} - \mu_d}{s_D / \sqrt{n}} \quad H_0: \mu_d = 0 \quad H_1: \mu_d \neq 0$$

PARA MUESTRAS DE DIAMETRO 1/2"

Número	Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Diferencia de pesos (gr)		
n		Ai	Bi	Di = Ai - Bi	Di - D	(Di - D) ²
1	M-01-01	94.40	94.25	0.15	-0.17	0.0274
2	M-01-02	94.67	94.56	0.11	-0.21	0.0422
3	M-01-03	95.73	95.51	0.22	-0.10	0.0091
4	M-02-01	93.33	92.43	0.90	0.58	0.3417
5	M-02-02	92.65	95.92	-3.27	-3.59	12.8552
6	M-02-03	96.10	93.16	2.94	2.62	6.8884
7	M-03-01	93.89	93.77	0.12	-0.20	0.0382
8	M-03-02	92.67	92.56	0.11	-0.21	0.0422
9	M-03-03	93.67	93.54	0.13	-0.19	0.0344
10	M-04-01	92.35	92.67	-0.32	-0.64	0.4038
11	M-04-02	93.72	92.10	1.62	1.30	1.7019
12	M-04-03	93.06	93.39	-0.33	-0.65	0.4166
13	M-05-01	90.42	89.81	0.61	0.29	0.0868
14	M-05-02	93.39	92.96	0.43	0.11	0.0131
15	M-05-03	94.14	93.66	0.48	0.16	0.0271
16	M-06-01	92.54	92.20	0.34	0.02	0.0006
17	M-06-02	94.66	94.24	0.42	0.10	0.0109
18	M-06-03	94.04	93.63	0.41	0.09	0.0089
19	M-07-01	93.78	93.31	0.47	0.15	0.0239
20	M-07-02	94.08	93.66	0.42	0.10	0.0109
21	M-07-03	92.16	91.80	0.36	0.04	0.0020
22	M-08-01	94.85	94.32	0.53	0.21	0.0460
23	M-08-02	94.86	94.45	0.41	0.09	0.0089
24	M-08-03	91.64	91.33	0.31	-0.01	0.0000
		93.62	93.30	0.32		23.04

diferencia teorica μ_0 0.0000

desviación estandar S_0 1.0009

estadístico de prueba t 1.5439

valor p p 0.0681

α 0.05

Sí $p < \alpha$ se rechaza la hipótesis nula

p α

0.0681 $\geq$ 0.05

Se concluye que la diferencia de pesos antes y después del limpiado son poco significantes estadísticamente

Valor p

Valor t: -1.5439 df (Grados de libertad): 23 Valor p: 0.0681





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSION DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICHUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

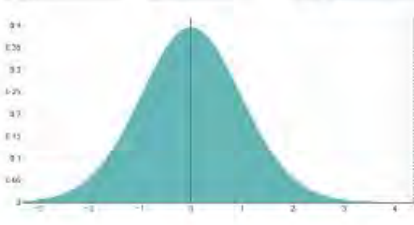
ANALISIS ESTADISTICO

$$\bar{D} = \frac{\sum Di}{n} \quad s_D = \sqrt{\frac{\sum (Di - \bar{D})^2}{n - 1}} \quad t = \frac{\bar{D} - \mu_d}{s_D / \sqrt{n}} \quad \begin{matrix} H_0: \mu_d = 0 \\ H_1: \mu_d \neq 0 \end{matrix}$$

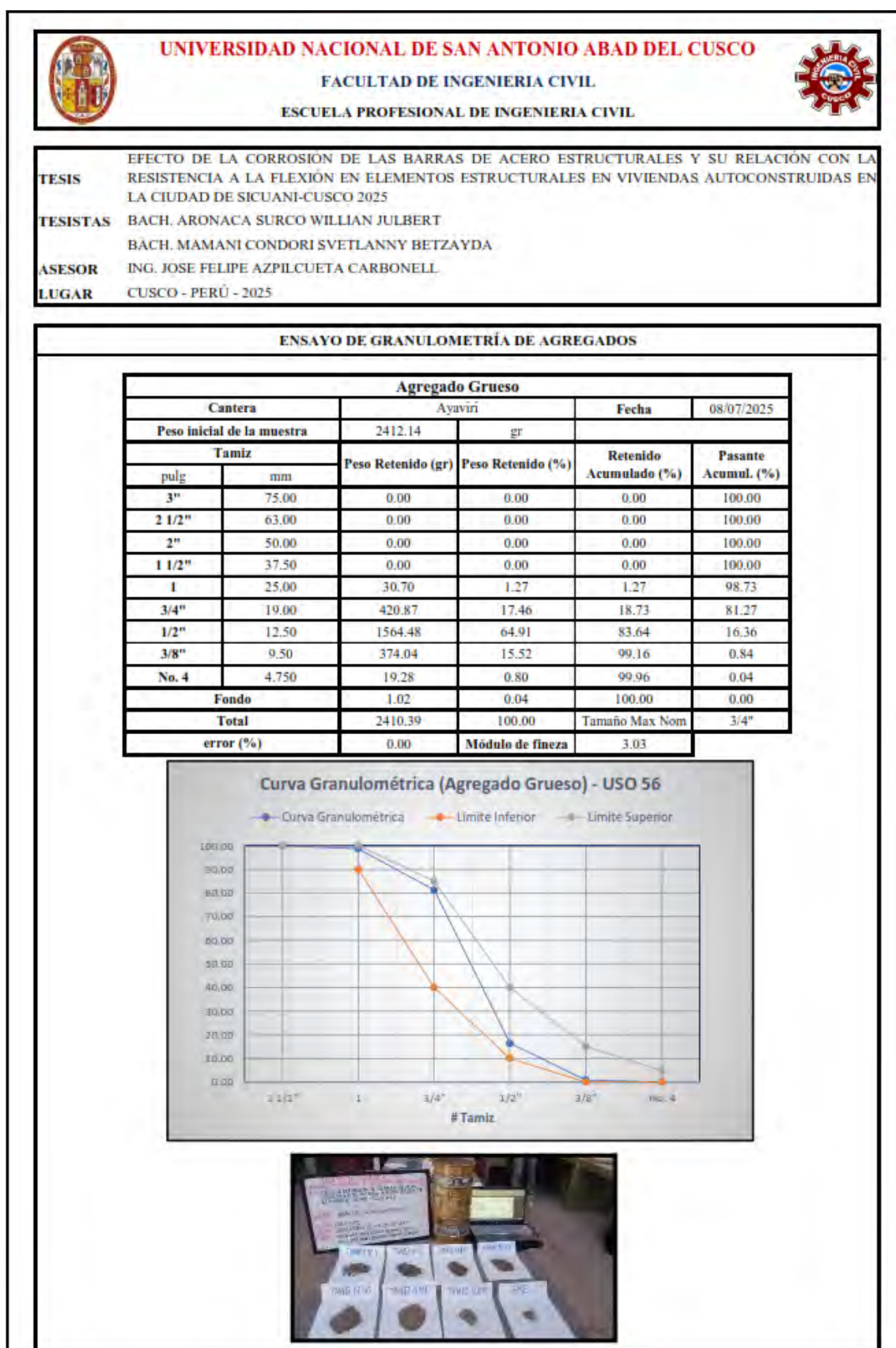
PARA MUESTRAS DE DIAMETRO 3/8"

Número	Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Diferencia de pesos (gr)		
n		Ai	Bi	Di = Ai - Bi	Di - D	(Di - D) ²
1	M-01-01	54.14	53.58	0.56	-0.23	0.0522
2	M-01-02	52.86	51.84	1.02	0.23	0.0536
3	M-01-03	52.74	51.75	0.99	0.20	0.0406
4	M-02-01	51.19	49.27	1.92	1.13	1.2803
5	M-02-02	54.99	51.71	3.28	2.49	6.2076
6	M-02-03	51.92	50.97	0.95	0.16	0.0261
7	M-03-01	54.23	53.97	0.26	-0.53	0.2793
8	M-03-02	52.00	51.80	0.20	-0.59	0.3463
9	M-03-03	52.43	52.22	0.21	-0.58	0.3346
10	M-04-01	52.93	50.88	2.05	1.26	1.5914
11	M-04-02	52.92	49.01	3.91	3.12	9.7439
12	M-04-03	52.43	52.23	0.20	-0.59	0.3463
13	M-05-01	52.46	52.18	0.28	-0.51	0.2586
14	M-05-02	52.33	52.05	0.28	-0.51	0.2586
15	M-05-03	52.56	52.26	0.30	-0.49	0.2386
16	M-06-01	52.40	52.00	0.40	-0.39	0.1509
17	M-06-02	52.04	51.84	0.20	-0.59	0.3463
18	M-06-03	52.42	51.80	0.62	-0.17	0.0284
19	M-07-01	51.45	51.27	0.18	-0.61	0.3703
20	M-07-02	53.51	53.17	0.34	-0.45	0.2011
21	M-07-03	51.93	51.79	0.14	-0.65	0.4205
22	M-08-01	52.98	52.49	0.49	-0.30	0.0891
23	M-08-02	53.37	52.82	0.55	-0.24	0.0569
24	M-08-03	53.54	53.01	0.53	-0.26	0.0668
25	M-09-01	53.27	52.97	0.30	-0.49	0.2386
26	M-09-02	52.52	52.01	0.51	-0.28	0.0776
27	M-09-03	51.98	51.60	0.38	-0.41	0.1669
28	M-10-01	52.46	52.19	0.27	-0.52	0.2688
29	M-10-02	52.31	51.97	0.34	-0.45	0.2011
30	M-10-03	52.16	51.88	0.28	-0.51	0.2586
31	M-11-01	53.38	51.23	2.15	1.36	1.8537
32	M-11-02	53.38	52.02	1.36	0.57	0.3266
33	M-11-03	53.63	53.06	0.57	-0.22	0.0477
		52.75	51.96	0.79		26.23

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSION DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

ANALISIS ESTADISTICO			
$\bar{D} = \frac{\sum Di}{n}$	$s_D = \sqrt{\frac{\sum (Di - \bar{D})^2}{n - 1}}$	$t = \frac{\bar{D} - \mu_d}{s_D / \sqrt{n}}$	$H_0: \mu_d = 0$ $H_1: \mu_d \neq 0$
PARA MUESTRAS DE DIAMETRO 3/8"			
diferencia teorica desviación estandar estadístico de prueba valor p α Si $p < \alpha$ se rechaza la hipótesis nula p 0.000010 < 0.05 Se concluye que la diferencia de pesos antes y despues del limpiado son significantes estadisticamente	μ _D S _D t p α	0.00 0.9053 5.0031 0.000010 0.05	Valor p Valor t 4.3244 df (Grados de libertad) 92 Valor p * 0 

Anexo 11. Granulometría de agregados





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACION CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR CUSCO - PERÚ - 2025

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS

Agregado Fino					
Cantera		Marangani		Fecha	08/07/2025
Peso inicial de la muestra		569.03	gr		
Tamiz		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumul. (%)
pulg	mm				
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 8	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 16	1.180	181.57	31.95	31.95	68.05
No. 30	0.600	165.83	29.18	61.13	38.87
No. 50	0.300	167.52	29.48	90.61	9.39
No. 100	0.150	30.25	5.32	95.93	4.07
No. 200	0.075	22.37	3.94	99.87	0.13
Fondo		0.74	0.13	100.00	0.00
Total		568.28	100.00	Tamaño Max Norm	No. 16
error (%)		0.13	Módulo de fineza	2.796	



Anexo 12. Peso unitario de agregados

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 																															
TESIS	EFFECTO DE LA CORROSION DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACION CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SUCUANI-CUSCO 2025																														
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA																														
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL																														
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025																														
ENSAYO DE PESO UNITARIO DE AGREGADOS																															
AGREGADO GRUESO																															
Datos del Molde																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Peso del Molde</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PM</td> <td>7.85</td> <td>kg</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Dimensiones del Molde</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D</td> <td>15</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>h</td> <td>16.5</td> <td>cm</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Volumen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V</td> <td>2915.79</td> <td>cm³</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>0.00292</td> <td>m³</td> </tr> </tbody> </table>	Peso del Molde			PM	7.85	kg	Dimensiones del Molde			D	15	cm	h	16.5	cm	Volumen			V	2915.79	cm ³	V	0.00292	m ³	  						
Peso del Molde																															
PM	7.85	kg																													
Dimensiones del Molde																															
D	15	cm																													
h	16.5	cm																													
Volumen																															
V	2915.79	cm ³																													
V	0.00292	m ³																													
Peso Unitario Suelto de Agregado Grueso																															
$P.U. Suelto = \frac{(\text{Peso del Molde} + \text{Agregado grueso suelto}) - \text{Peso del Molde}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{\text{Peso Agregado grueso suelto}}{\text{Volumen del Molde}}$																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Peso del Molde + Agregado Grueso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PM+A.G. 1</td> <td>11.85</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>PM+A.G. 2</td> <td>11.75</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>PM+A.G. 3</td> <td>11.8</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Peso M + AG promedio</td> </tr> <tr> <td>PM+A.G.</td> <td>11.8</td> <td>kg</td> </tr> </tbody> </table>	Peso del Molde + Agregado Grueso			PM+A.G. 1	11.85	kg	PM+A.G. 2	11.75	kg	PM+A.G. 3	11.8	kg	Peso M + AG promedio			PM+A.G.	11.8	kg	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Peso Agregado Grueso Suelto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P.A.G. Suelto</td> <td>3.95</td> <td>kg</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Peso Unitario Suelto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P.U. Suelto</td> <td>1354.69</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>	Peso Agregado Grueso Suelto			P.A.G. Suelto	3.95	kg	Peso Unitario Suelto			P.U. Suelto	1354.69	kg/m ³
Peso del Molde + Agregado Grueso																															
PM+A.G. 1	11.85	kg																													
PM+A.G. 2	11.75	kg																													
PM+A.G. 3	11.8	kg																													
Peso M + AG promedio																															
PM+A.G.	11.8	kg																													
Peso Agregado Grueso Suelto																															
P.A.G. Suelto	3.95	kg																													
Peso Unitario Suelto																															
P.U. Suelto	1354.69	kg/m ³																													
Peso Unitario Compactado de Agregado Grueso																															
$P.U. Compactado = \frac{(\text{Peso Molde} + \text{Agregado grueso compactado}) - \text{Peso Molde}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{\text{Peso Agregado grueso compactado}}{\text{Volumen del Molde}}$																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Peso del Molde + Agregado Grueso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PM+A.G. 1</td> <td>12.2</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>PM+A.G. 2</td> <td>12.35</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>PM+A.G. 3</td> <td>12.3</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Peso M + AG promedio</td> </tr> <tr> <td>PM+A.G.</td> <td>12.28</td> <td>kg</td> </tr> </tbody> </table>	Peso del Molde + Agregado Grueso			PM+A.G. 1	12.2	kg	PM+A.G. 2	12.35	kg	PM+A.G. 3	12.3	kg	Peso M + AG promedio			PM+A.G.	12.28	kg	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Peso Agregado Grueso Compactado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P.A.G. Comp</td> <td>4.43</td> <td>kg</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Peso Unitario Compactado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P.U. Comp.</td> <td>1520.46</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>	Peso Agregado Grueso Compactado			P.A.G. Comp	4.43	kg	Peso Unitario Compactado			P.U. Comp.	1520.46	kg/m ³
Peso del Molde + Agregado Grueso																															
PM+A.G. 1	12.2	kg																													
PM+A.G. 2	12.35	kg																													
PM+A.G. 3	12.3	kg																													
Peso M + AG promedio																															
PM+A.G.	12.28	kg																													
Peso Agregado Grueso Compactado																															
P.A.G. Comp	4.43	kg																													
Peso Unitario Compactado																															
P.U. Comp.	1520.46	kg/m ³																													
Porcentaje de Vacíos																															
$\% \text{Vacíos} = \frac{\text{Peso Agregado grueso compactado} - \text{Peso Agregado grueso suelto}}{\text{Peso Agregado grueso compactado}} \times 100\%$																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Peso Agregado Grueso Suelto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P.A.G. Suelto</td> <td>3.95</td> <td>kg</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Peso Agregado Grueso Compactado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P.A.G. Comp</td> <td>4.43</td> <td>kg</td> </tr> </tbody> </table>	Peso Agregado Grueso Suelto			P.A.G. Suelto	3.95	kg	Peso Agregado Grueso Compactado			P.A.G. Comp	4.43	kg	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Porcentaje de vacíos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>%vacíos</td> <td>10.90</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Porcentaje de vacíos			%vacíos	10.90	%												
Peso Agregado Grueso Suelto																															
P.A.G. Suelto	3.95	kg																													
Peso Agregado Grueso Compactado																															
P.A.G. Comp	4.43	kg																													
Porcentaje de vacíos																															
%vacíos	10.90	%																													

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSION DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACION CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE AGREGADOS																																
AGREGADO FINO																																
Datos del Molde																																
		 																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso del Molde</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">PM</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">4.2</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Dimensiones del Molde</th> </tr> <tr> <td>D</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">cm</td> </tr> <tr> <td>h</td> <td style="text-align: center;">11.5</td> <td style="text-align: center;">cm</td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Volumen</th> </tr> <tr> <td>V</td> <td style="text-align: center;">903.21</td> <td style="text-align: center;">cm³</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td style="text-align: center;">0.00090</td> <td style="text-align: center;">m³</td> </tr> </table>			Peso del Molde			PM	4.2	kg	Dimensiones del Molde			D	10	cm	h	11.5	cm	Volumen			V	903.21	cm ³	V	0.00090	m ³						
Peso del Molde																																
PM	4.2	kg																														
Dimensiones del Molde																																
D	10	cm																														
h	11.5	cm																														
Volumen																																
V	903.21	cm ³																														
V	0.00090	m ³																														
Peso Unitario Suelto de Agregado Fino																																
$P.U. Suelto = \frac{(\text{Peso del Molde} + \text{Agregado fino suelto}) - \text{Peso del Molde}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{\text{Peso Agregado fino suelto}}{\text{Volumen del Molde}}$																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso del Molde + Agregado Fino</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">PM+A.F. 1</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">5.7</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>PM+A.F. 2</td> <td style="text-align: center;">5.65</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>PM+A.F. 3</td> <td style="text-align: center;">5.6</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso M + AF promedio</th> </tr> <tr> <td>PM+A.F.</td> <td style="text-align: center;">5.65</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Agregado Grueso Suelto</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">P.A.F. Suolto</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">1.45</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">kg</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Unitario Suelto</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">P.U. Suolto</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">1605.39</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">kg/m³</td> </tr> </table>			Peso del Molde + Agregado Fino			PM+A.F. 1	5.7	kg	PM+A.F. 2	5.65	kg	PM+A.F. 3	5.6	kg	Peso M + AF promedio			PM+A.F.	5.65	kg	Peso Agregado Grueso Suelto			P.A.F. Suolto	1.45	kg	Peso Unitario Suelto			P.U. Suolto	1605.39	kg/m ³
Peso del Molde + Agregado Fino																																
PM+A.F. 1	5.7	kg																														
PM+A.F. 2	5.65	kg																														
PM+A.F. 3	5.6	kg																														
Peso M + AF promedio																																
PM+A.F.	5.65	kg																														
Peso Agregado Grueso Suelto																																
P.A.F. Suolto	1.45	kg																														
Peso Unitario Suelto																																
P.U. Suolto	1605.39	kg/m ³																														
Peso Unitario Compactado de Agregado Fino																																
$P.U. Compactado = \frac{(\text{Peso Molde} + \text{Agregado fino compactado}) - \text{Peso Molde}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{\text{Peso Agregado fino compactado}}{\text{Volumen del Molde}}$																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso del Molde + Agregado Fino</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">PM+A.F. 1</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">5.75</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>PM+A.F. 2</td> <td style="text-align: center;">5.7</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>PM+A.F. 3</td> <td style="text-align: center;">5.75</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso M + AF promedio</th> </tr> <tr> <td>PM+A.F.</td> <td style="text-align: center;">5.73</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Agregado Fino Compactado</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">P.A.F. Comp</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">1.53</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">kg</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Unitario Compactado</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">P.U. Comp.</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">1697.65</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">kg/m³</td> </tr> </table>			Peso del Molde + Agregado Fino			PM+A.F. 1	5.75	kg	PM+A.F. 2	5.7	kg	PM+A.F. 3	5.75	kg	Peso M + AF promedio			PM+A.F.	5.73	kg	Peso Agregado Fino Compactado			P.A.F. Comp	1.53	kg	Peso Unitario Compactado			P.U. Comp.	1697.65	kg/m ³
Peso del Molde + Agregado Fino																																
PM+A.F. 1	5.75	kg																														
PM+A.F. 2	5.7	kg																														
PM+A.F. 3	5.75	kg																														
Peso M + AF promedio																																
PM+A.F.	5.73	kg																														
Peso Agregado Fino Compactado																																
P.A.F. Comp	1.53	kg																														
Peso Unitario Compactado																																
P.U. Comp.	1697.65	kg/m ³																														
Porcentaje de Vacios																																
$\%Vacios = \frac{\text{Peso Agregado fino compactado} - \text{Peso Agregado fino suelto}}{\text{Peso Agregado finocompactado}} \times 100\%$																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Agregado Fino Suelto</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">P.A.F. Suolto</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">1.45</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Agregado Fino Compactado</th> </tr> <tr> <td>P.A.F. Comp</td> <td style="text-align: center;">1.53</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Porcentaje de vacios</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">%vacios</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">5.43</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">%</td> </tr> </table>			Peso Agregado Fino Suelto			P.A.F. Suolto	1.45	kg	Peso Agregado Fino Compactado			P.A.F. Comp	1.53	kg	Porcentaje de vacios			%vacios	5.43	%												
Peso Agregado Fino Suelto																																
P.A.F. Suolto	1.45	kg																														
Peso Agregado Fino Compactado																																
P.A.F. Comp	1.53	kg																														
Porcentaje de vacios																																
%vacios	5.43	%																														

Anexo 13. Peso específico y absorción de agregados

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS TESISTAS ASESOR LUGAR	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025 BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN																														
AGREGADO GRUESO																														
Datos																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso canastilla sumergida</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">PC Sumergida</td> <td style="width: 30%;">909.8</td> <td style="width: 40%;">gr</td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso canastilla + agregado</th> </tr> <tr> <td>PC + A.G.</td> <td>2154.8</td> <td>gr</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Posillo</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">PP</td> <td style="width: 30%;">160.64</td> <td style="width: 40%;">gr</td> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Posillo + Agregado Grueso Saturado</th> </tr> <tr> <td>PP + AG</td> <td>2180.45</td> <td>gr</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Posillo + Agregado Grueso Seco</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">PP + AG seco</td> <td style="width: 30%;">2140.47</td> <td style="width: 40%;">gr</td> </tr> </table>	Peso canastilla sumergida			PC Sumergida	909.8	gr	Peso canastilla + agregado			PC + A.G.	2154.8	gr	Peso Posillo			PP	160.64	gr	Peso Posillo + Agregado Grueso Saturado			PP + AG	2180.45	gr	Peso Posillo + Agregado Grueso Seco			PP + AG seco	2140.47	gr
Peso canastilla sumergida																														
PC Sumergida	909.8	gr																												
Peso canastilla + agregado																														
PC + A.G.	2154.8	gr																												
Peso Posillo																														
PP	160.64	gr																												
Peso Posillo + Agregado Grueso Saturado																														
PP + AG	2180.45	gr																												
Peso Posillo + Agregado Grueso Seco																														
PP + AG seco	2140.47	gr																												
 	 																													

PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO																																								
$P.E. = \frac{S}{B + S - C}$ $P.E.A. = \frac{A}{B + S - C}$ $P.E.N. = \frac{A}{B + A - C}$ $\% absorción = \frac{A - S}{A} \times 100\%$																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <td style="width: 30%;">Peso muestra saturada superficie seca</td> <td style="width: 10%;">S</td> <td style="width: 20%;">2019.81</td> <td style="width: 40%;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca (24 horas en horno)</td> <td>A</td> <td>1979.83</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso canastilla sumergida</td> <td>B</td> <td>909.8</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso canastilla + muestra sumergidos</td> <td>C</td> <td>2154.8</td> <td>gr</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Especifico</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">P.E.</td> <td style="width: 30%;">2.607</td> <td style="width: 40%;">gr/cm3</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Especifico Aparente</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">P.E.A.</td> <td style="width: 30%;">2.555</td> <td style="width: 40%;">gr/cm3</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Peso Especifico Nominal</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">P.E.N.</td> <td style="width: 30%;">2.694</td> <td style="width: 40%;">gr/cm3</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Porcentaje de Absorción</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">% absorción</td> <td style="width: 30%;">2.02</td> <td style="width: 40%;">%</td> </tr> </table>	Peso muestra saturada superficie seca	S	2019.81	gr	Peso muestra seca (24 horas en horno)	A	1979.83	gr	Peso canastilla sumergida	B	909.8	gr	Peso canastilla + muestra sumergidos	C	2154.8	gr	Peso Especifico			P.E.	2.607	gr/cm3	Peso Especifico Aparente			P.E.A.	2.555	gr/cm3	Peso Especifico Nominal			P.E.N.	2.694	gr/cm3	Porcentaje de Absorción			% absorción	2.02	%
Peso muestra saturada superficie seca	S	2019.81	gr																																					
Peso muestra seca (24 horas en horno)	A	1979.83	gr																																					
Peso canastilla sumergida	B	909.8	gr																																					
Peso canastilla + muestra sumergidos	C	2154.8	gr																																					
Peso Especifico																																								
P.E.	2.607	gr/cm3																																						
Peso Especifico Aparente																																								
P.E.A.	2.555	gr/cm3																																						
Peso Especifico Nominal																																								
P.E.N.	2.694	gr/cm3																																						
Porcentaje de Absorción																																								
% absorción	2.02	%																																						



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR CUSCO - PERÚ - 2025

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

AGREGADO FINO

Datos

Peso Matraz		
PM	194.98	gr
Peso Agregado		
P.A.F.	471.7	gr
Peso Agregado + Matraz + agua		
PAF+PM+agua	984.71	gr

Peso Posillo		
PP	188.94	gr

Peso Posillo + Agregado Fino		
PP + AF	660.64	gr

Peso Posillo + Agregado Fino Seco		
PP + AF seco	649.23	gr



PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN AGREGADO FINO

$$P.E. = \frac{S}{B + S - C} \quad P.E.A. = \frac{A}{B + S - C} \quad P.E.N. = \frac{A}{B + A - C} \quad \% \text{ absorción} = \frac{A - S}{A} \times 100\%$$

Peso muestra saturada superficie seca	S	471.7	gr
Peso muestra seca (24 horas en horno)	A	460.29	gr
Peso matraz + agua	B	694.98	gr
Peso matraz + agua + muestra	C	984.71	gr

Peso Especifico		
P.E.	2.592	gr/cm3

Peso Especifico Aparente		
P.E.A.	2.529	gr/cm3

Peso Especifico Nominal		
P.E.N.	2.699	gr/cm3

Porcentaje de Absorción		
% absorción	2.48	%

Anexo 14. Contenido de humedad de agregados

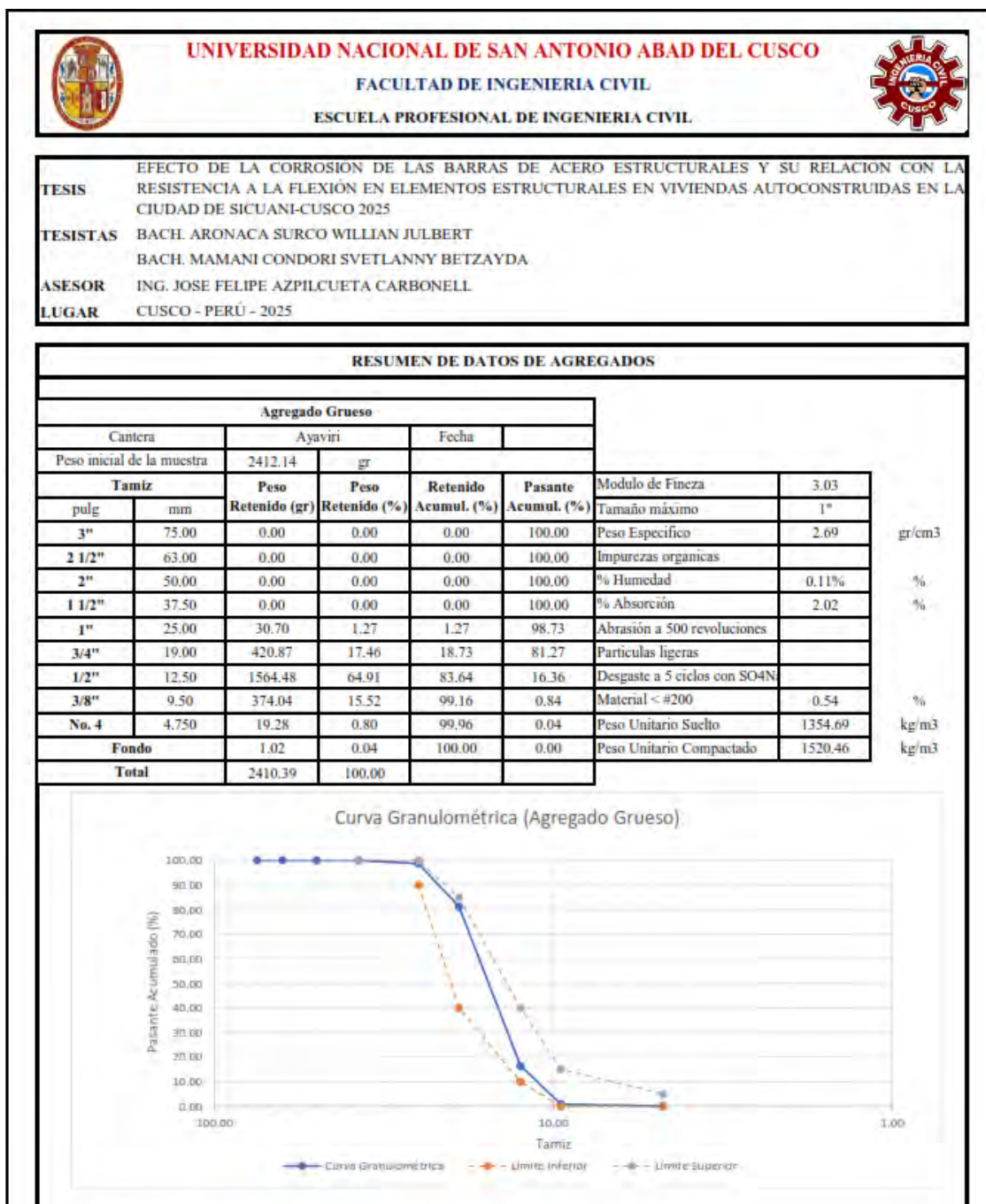
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE PORCENTAJE DE HUMEDAD				
Datos				
	Cápsula	Vacio (gr)	con agregado mojado (gr)	con agregado seco (gr)
Agregado Grueso	G-1	58.76	200.24	200.09
	G-2	57.55	223.4	223.23
	G-3	64.24	223.01	222.82
Agregado Fino	F-1	21.35	111.87	108.67
	F-2	22.09	110.43	107.36
	F-3	21.53	111.52	107.51

	Cápsula	agregado mojado (gr) (Pw)	agregado seco (gr) (Ps)	% humedad
Agregado Grueso	G-1	141.48	141.33	0.11%
	G-2	165.85	165.68	0.10%
	G-3	158.77	158.58	0.12%
Agregado Fino	F-1	90.52	87.32	3.66%
	F-2	88.34	85.27	3.60%
	F-3	89.99	85.98	4.66%

Resultados							
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">%humedad promedio</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Agregado Grueso</td> <td style="text-align: center;">0.11%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Agregado Fino</td> <td style="text-align: center;">3.98%</td> </tr> </table>		%humedad promedio		Agregado Grueso	0.11%	Agregado Fino	3.98%
%humedad promedio							
Agregado Grueso	0.11%						
Agregado Fino	3.98%						

Anexo 15. Resumen de agregados





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

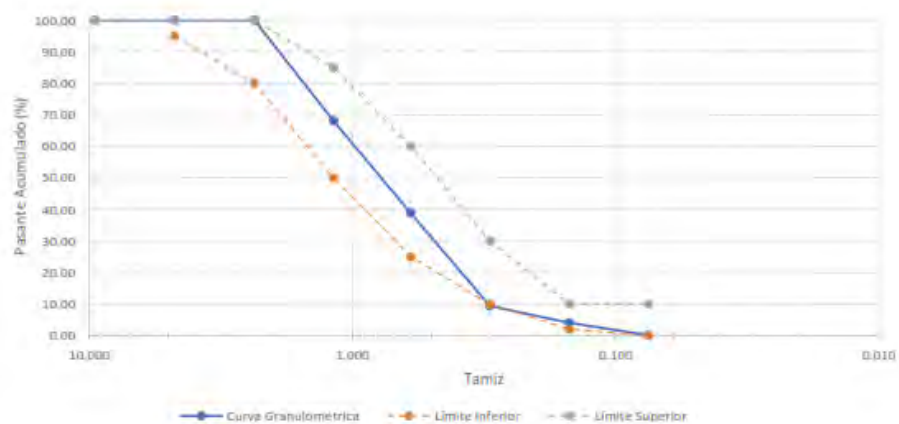


TESIS	EFFECTO DE LA CORROSION DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACION CON LA RESISTENCIA A LA FLEXION EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

RESUMEN DE DATOS DE AGREGADOS

Agregado Fino							
Cantera		Marangani		Fecha			
Peso inicial de la muestra		569.03	gr				
Tamiz		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido Acumul. (%)	Pasante Acumul. (%)	Modulo de Fineza	2.796
pulg	mm					Tamaño máximo	No. 16
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso Especifico	2.70 gr/cm3
No. 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	Impurezas organicas	
No. 8	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00	% Humedad	3.98% %
No. 16	1.180	181.57	31.95	31.95	68.05	% Absorción	2.48 %
No. 30	0.600	165.83	29.18	61.13	38.87	Abrasión a 500 revoluciones	
No. 50	0.300	167.52	29.48	90.61	9.39	Particulas ligeras	
No. 100	0.150	30.25	5.32	95.93	4.07	Desgaste a 5 ciclos con SO4N	
No. 200	0.075	22.37	3.94	99.87	0.13	Material < #200	3.37 %
Fondo		0.74	0.13	100.00	0.00	Peso Unitario Suolto	1605.39 kg/m3
Total		568.28	100.00			Peso Unitario Compactado	1697.65 kg/m3

Curva Granulométrica (Agregado Fino)



Anexo 16. Diseño de mezcla

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSION DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACION CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

DISEÑO DE MEZCLA													
Datos para el diseño													
f'cR	294	kg/cm2	<table border="1" style="width: 100%; margin-bottom: 5px;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Cemento Tipo HS</th></tr> <tr> <td>Peso Especifico</td> <td>2800 kg/m3</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; margin-bottom: 5px;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Agua</th></tr> <tr> <td>Peso Especifico</td> <td>1000 kg/m3</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Concreto sin Aire incorporado</th></tr> </table>	Cemento Tipo HS		Peso Especifico	2800 kg/m3	Agua		Peso Especifico	1000 kg/m3	Concreto sin Aire incorporado	
Cemento Tipo HS													
Peso Especifico	2800 kg/m3												
Agua													
Peso Especifico	1000 kg/m3												
Concreto sin Aire incorporado													
Slump	3" a 4"												
Características físicas de la Arena													
Peso especifico Seco	2698.7	kg/m3											
Módulo de Fineza	2.796												
Absorción	2.48	%											
Humedad	1	%											
Características físicas de la Piedra													
Tamaño Máximo	3/4"												
Peso Especifico Seco	2694.3	kg/m3											
Peso Unitario compactado	1520.5	kg/m3											
Absorción	2.02	%											
Humedad	0.11	%											

1)	VOLUMEN DE AGUA		
	TABLA I		
	Agua	205	litros
	Agua	0.205	m3

2)	VOLUMEN DE CEMENTO		
	f'c	A/C	Peso Especifico 2800 kg/m3
	300	0.54	
	294	x	
	250	0.61	A/C 0.548
	Cemento	374.1	kg
	Cemento	0.134	m3

3)	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		
	MF	m3	MF 2.796 Peso Unitario compactado 1520.5 kg/m3
	2.6	0.64	TM 3/4" Peso Especifico Seco 2694.3 kg/m3
	2.796	x	
	2.8	0.62	x 0.62
	Volumen agregado grueso		0.35 m3

4)	VOLUMEN DE AIRE		
	TABLA I	I	
	Aire	2	%
	Aire	0.02	m3

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICHUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

DISEÑO DE MEZCLA				
5)	VOLUMENES CÁLCULADOS			
	Volumen de agua	0.205	m ³	
	Volumen de cemento	0.134	m ³	
	Volumen de agregado grueso	0.35	m ³	
	Volumen de aire	0.02	m ³	
	TOTAL	0.709	m³	
6)	VOLUMEN DE ARENA			
	Volumen de arena	0.291	m ³	
7)	CÁLCULO DE PESO EN BASE AL VOLUMEN			
	Elemento	Vol. Abs (m ³)	Peso específico (kg/m ³)	Peso (kg)
	Agua	0.205	1000	205
	Cemento	0.134	2800	375.2
	Piedra	0.35	2694.3	943.01
	Arena	0.291	2698.7	785.32
	Aire	0.02		0
	TOTALES	1		2308.53
8)	CORRECCIÓN POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD			
	PIEDRA	943.01	Absorción	2.02
			Humedad	0.11
	ARENA	785.32	Absorción	2.48
			Humedad	1
	Piedra humeda	944	kg	
	Arena humeda	793.2	kg	
	Contribución agua piedra	-18	kg	
	Contribución agua arena	-11.7	kg	
	Agua Final	234.7	kg	
	Balance piedra	-0.0191		
	Balance arena	-0.0148		
	Agua	205	kg	
9)	DISEÑO FINAL			
	Elemento	Peso (kg)		
	Agua	234.7		
	Cemento	375.2		
	Piedra	944		
	Arena	793.2		
	TOTALES	2347.1		
10)	PARA BRIQUETAS			
	Volumen de briquetas	0.0053	m ³	
	Cantidad	6	FS	1.1
	Volumen total	0.0318	m ³	
	Volumen Final	0.035	m ³	
	Elemento	Peso (kg)		
	Agua	8.21		
	Cemento	13.13		
	Piedra	33.04		
	Arena	27.76		

Anexo 17. Resistencia a compresión de briquetas de diseño de mezcla

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL										
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025									
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA									
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL									
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025									

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO										
 (a)	 (b)	 (c)	 (d)	 (e)	 (f)	a. Conos bien formados en ambos extremos. b. Cono bien formado en un extremo con grietas verticales. c. Grietas columnares y conos mal formados. d. Fractura diagonal, sin grietas. e. Fracturas laterales en la parte superior o inferior. f. Fracturas laterales en la parte superior.				

DATOS DE PROBETAS CILINDRICAS										
N° DE BRIQUETA	CÓDIGO	FECHA		EDAD (DÍAS)	TIPO DE FALLA	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA DE LA SECCIÓN (cm²)	MÁXIMA FUERZA APLICADA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
		ELAB.	ENSAYO							
1	P-01	18/08/2025	25/08/2025	7	b	15	176.71	31060	175.77	153.41
2	P-02	18/08/2025	25/08/2025	7	b	15	176.71	27580	156.07	
3	P-03	18/08/2025	25/08/2025	7	b	15	176.71	22690	128.40	
4	B-01	18/08/2025	15/09/2025	28	b	15	176.71	40671.1	230.16	238.83
5	B-02	18/08/2025	15/09/2025	28	b	15	176.71	42893.9	242.74	
6	B-03	18/08/2025	15/09/2025	28	b	15	176.71	43046.2	243.60	

Anexo 18. Prueba estadística resistencia a compresión de briquetas de Diseño de Mezcla



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSION DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR CUSCO - PERÚ - 2025

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO








a. Conos bien formados en ambos extremos.

b. Cono bien formado en un extremo con grietas verticales.

c. Grietas columnares y conos mal formados.

d. Fractura diagonal, sin grietas.

e. Fracturas laterales en la parte superior o inferior.

f. Fracturas laterales en la parte superior.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS POR EL TEOREMA DE DIXON							
Nº DE BRIQUETA	CÓDIGO	Resistencia (kg/cm2)	$x_n - x_{n-1}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Coef. Teor. $Q_{crit} (0.95)$	TIPO DE DATO
3	P-03	128.40	27.67	47.37	0.5841	0.9410	NO Atípico
2	P-02	156.07	19.70	47.37	0.4159	0.9410	NO Atípico
1	P-01	175.77	19.70	47.37	0.4159	0.9410	NO Atípico
4	B-01	230.16	12.58	13.44	0.9360	0.9410	NO Atípico
5	B-02	242.74	0.86	13.44	0.0640	0.9410	NO Atípico
6	B-03	243.60	0.86	13.44	0.0640	0.9410	NO Atípico

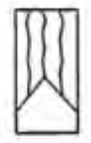
Anexo 19. Resistencia a compresión de briquetas de concreto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL										
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025									
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA									
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL									
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025									

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO										
 (a)	 (b)	 (c)	 (d)	 (e)	 (f)	a. Conos bien formados en ambos extremos. b. Conos bien formado en un extremo con grietas verticales. c. Grietas columnares y conos mal formados. d. Fractura diagonal, sin grietas. e. Fracturas laterales en la parte superior o inferior. f. Fracturas laterales en la parte superior.				

DIMENSIONES DE LA MUESTRA										
N° DE BRIQUETA	CÓDIGO	FECHA		EDAD (DÍAS)	TIPO DE FALLA	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA DE LA SECCIÓN (cm²)	MÁXIMA FUERZA APLICADA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
		ELAB.	ENSAYO							
1	M-1-1	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	41220	233.26	228.89
2	M-1-2	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	41800	236.55	
3	M-1-3	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	38320	216.85	
4	M-2-1	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	50550	286.06	293.21
5	M-2-2	12/10/2025	13/11/2025	32	b	15	176.71	52630	297.83	
6	M-2-3	12/10/2025	13/11/2025	32	b	15	176.71	52260	295.74	
7	M-3-1	12/10/2025	13/11/2025	32	c	15	176.71	41220	233.26	253.90
8	M-3-2	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	47080	266.43	
9	M-3-3	12/10/2025	13/11/2025	32	c	15	176.71	46300	262.01	

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO									
									
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	a. Conos bien formados en ambos extremos. b. Cono bien formado en un extremo con grietas verticales. c. Grietas colaterales y conos mal formados. d. Fractura diagonal, sin grietas. e. Fracturas laterales en la parte superior o inferior. f. Fracturas laterales en la parte superior.			

DIMENSIONES DE LA MUESTRA										
N° DE BRIQUETA	CÓDIGO	FECHA		EDAD (DÍAS)	TIPO DE FALLA	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA DE LA SECCIÓN (cm ²)	MÁXIMA FUERZA APLICADA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
		ELAB.	ENSAYO							
10	M-4-1	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	42360	239.71	240.79
11	M-4-2	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	43230	244.64	
12	M-4-3	12/10/2025	13/11/2025	32	e	15	176.71	42060	238.02	
13	M-5-1	12/10/2025	13/11/2025	32	a	15	176.71	44840	253.75	256.52
14	M-5-2	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	45910	259.80	
15	M-5-3	12/10/2025	13/11/2025	32	b	15	176.71	45240	256.01	
16	M-6-1	12/10/2025	13/11/2025	32	e	15	176.71	48160	272.54	252.83
17	M-6-2	12/10/2025	13/11/2025	32	d	15	176.71	46920	265.52	
18	M-6-3	12/10/2025	13/11/2025	32	e	15	176.71	38950	220.42	

Anexo 20. Prueba estadística resistencia a compresión de briquetas de concreto

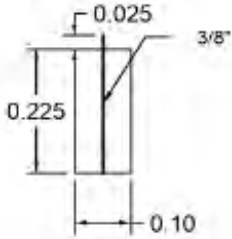
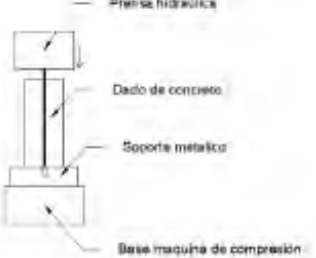
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSION DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXION EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS POR EL TEOREMA DE DIXON							
Nº DE BRIQUETA	CÓDIGO	Resistencia (kg/cm ²)	$x_n - x_{n-2}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Coef. Teor. $Q_{crit} (0.95)$	TIPO DE DATO
3	M-1-3	216.85	16.41	19.70	0.8330	0.9410	NO Atípico
1	M-1-1	233.26	3.29	19.70	0.1670	0.9410	NO Atípico
2	M-1-2	236.55	3.29	19.70	0.1670	0.9410	NO Atípico
4	M-2-1	286.06	9.68	11.77	0.8224	0.9410	NO Atípico
6	M-2-3	295.74	2.09	11.77	0.1776	0.9410	NO Atípico
5	M-2-2	297.83	2.09	11.77	0.1776	0.9410	NO Atípico
7	M-3-1	233.26	28.75	33.17	0.8667	0.9410	NO Atípico
9	M-3-3	262.01	4.42	33.17	0.1333	0.9410	NO Atípico
8	M-3-2	266.43	4.42	33.17	0.1333	0.9410	NO Atípico
12	M-4-3	238.02	1.69	6.62	0.2553	0.9410	NO Atípico
10	M-4-1	239.71	1.69	6.62	0.2553	0.9410	NO Atípico
11	M-4-2	244.64	4.93	6.62	0.7447	0.9410	NO Atípico
13	M-5-1	253.75	2.26	6.05	0.3736	0.9410	NO Atípico
15	M-5-3	256.01	2.26	6.05	0.3736	0.9410	NO Atípico
14	M-5-2	259.80	3.79	6.05	0.6264	0.9410	NO Atípico
18	M-6-3	220.42	45.10	52.12	0.8653	0.9410	NO Atípico
17	M-6-2	265.52	7.02	52.12	0.1347	0.9410	NO Atípico
16	M-6-1	272.54	7.02	52.12	0.1347	0.9410	NO Atípico

Anexo 21. Ensayo de adherencia

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

ENSAYO DE ADHERENCIA EN COMPRESIÓN	
	

DIMENSIONES DE LA MUESTRA								
Nº DE ENSAYO	CÓDIGO	FECHA ELAB.	DIMENSIONES DE LA MUESTRA					
			Ø VARILLA (mm)	L (mm)	A (mm)	B(mm)	LV (mm)	LVS (mm)
1	D-1 SO	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
2	D-2 SO	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
3	D-3 SO	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
4	D-4 SO	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25
5	D-5 SO	12/10/2025	9.525	225	100	100	250	25



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

ENSAYO DE ADHERENCIA EN COMPRESIÓN

DIMENSIONES DE LA MUESTRA								
N° DE ENSAYO	CÓDIGO	FECHA ELAB.	DIMENSIONES DE LA MUESTRA					
			Ø VARILLA (mm)	L (mm)	A (mm)	B(mm)	LV (mm)	LVS (mm)
6	D-1 OP	12/10/2025	9,525	225	100	100	250	25
7	D-2 OP	12/10/2025	9,525	225	100	100	250	25
8	D-3 OP	12/10/2025	9,525	225	100	100	250	25
9	D-4 OP	12/10/2025	9,525	225	100	100	250	25
10	D-5 OP	12/10/2025	9,525	225	100	100	250	25

DIMENSIONES DE LA MUESTRA								
N° DE ENSAYO	CÓDIGO	FECHA ELAB.	DIMENSIONES DE LA MUESTRA					
			Ø VARILLA (mm)	L (mm)	A (mm)	B(mm)	LV (mm)	LVS (mm)
11	D-1 OM	12/10/2025	9,525	225	100	100	250	25
12	D-2 OM	12/10/2025	9,525	225	100	100	250	25
13	D-3 OM	12/10/2025	9,525	225	100	100	250	25
14	D-4 OM	12/10/2025	9,525	225	100	100	250	25
15	D-5 OM	12/10/2025	9,525	225	100	100	250	25



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR CUSCO - PERÚ - 2025

ENSAYO DE ADHERENCIA EN COMPRESIÓN

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO

Nº DE ENSAYO	CÓDIGO	FECHA		Edad concreto (DÍAS)	Ø VARILLA (mm)	FUERZA (kgf)	Carga aplicada (KN)	Long. Inicial	Long. Final	Oxido
		ELAB.	ENSAYO					Lo (mm)	Lf (mm)	%
1	D-1 SO	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5330.00	52.2694	250	241	0
2	D-2 SO	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5050.00	49.5236	250	241	0
3	D-3 SO	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	6410.00	62.8606	250	243	0
4	D-4 SO	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	4830.00	47.3661	250	241	0
5	D-5 SO	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5410.00	53.0540	250	242	0
6	D-1 OP	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5090.00	49.9158	250	243	
7	D-2 OP	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	4980.00	48.8371	250	240	
8	D-3 OP	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5320.00	52.1714	250	241	
9	D-4 OP	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5290.00	51.8772	250	241	
10	D-5 OP	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5360.00	52.5636	250	242	
11	D-1 OM	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5540.00	54.3288	250	236	
12	D-2 OM	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5250.00	51.4849	250	235	
13	D-3 OM	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5570.00	54.6230	250	234	
14	D-4 OM	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5420.00	53.1520	250	234	
15	D-5 OM	12/10/2025	14/11/2025	33	9.525	5070.00	49.7197	250	233	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR CUSCO - PERÚ - 2025

ENSAYO DE ADHERENCIA EN COMPRESIÓN

Nº DE ENSAYO	TESTIGO	Deformación (mm)	Fuerza (kgf)	Carga Aplicada (KN)	Diámetro de la varilla (mm)	Área de la varilla (mm ²)	Esfuerzo (kg/mm ²)	Fuerza de Unión (Mpa)	Fe (MPa)	Fuerza de Unión Normalizada (Mpa)
1	D-1 SO	9	5330.00	52.2694	9.525	71	75.0705	7.7634	24.7912	1.5592
2	D-2 SO	9	5050.00	49.5236	9.525	71	71.1268	7.3555	24.7912	1.4773
3	D-3 SO	7	6410.00	62.8606	9.525	71	90.2817	9.3364	24.7912	1.8751
4	D-4 SO	9	4830.00	47.3661	9.525	71	68.0282	7.0351	24.7912	1.4129
5	D-5 SO	8	5410.00	53.0540	9.525	71	76.1972	7.8799	24.7912	1.5826
6	D-1 OP	7	5090.00	49.9158	9.525	71	71.6902	7.4138	24.7912	1.489
7	D-2 OP	10	4980.00	48.8371	9.525	71	70.1409	7.2536	24.7912	1.4568
8	D-3 OP	9	5320.00	52.1714	9.525	71	74.9296	7.7488	24.7912	1.5563
9	D-4 OP	9	5290.00	51.8772	9.525	71	74.5071	7.7051	24.7912	1.5475
10	D-5 OP	8	5360.00	52.5636	9.525	71	75.493	7.8071	24.7912	1.568
11	D-1 OM	14	5540.00	54.3288	9.525	71	78.0282	8.0692	24.7912	1.6206
12	D-2 OM	15	5250.00	51.4849	9.525	71	73.9437	7.6468	24.7912	1.5358
13	D-3 OM	16	5570.00	54.6230	9.525	71	78.4508	8.1129	24.7912	1.6294
14	D-4 OM	16	5420.00	53.1520	9.525	71	76.3381	7.8945	24.7912	1.5855
15	D-5 OM	17	5070.00	49.7197	9.525	71	71.4085	7.3847	24.7912	1.4831

Anexo 22. Prueba estadística del ensayo de adherencia

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 							
TESIS	EFECTO DE LA CORROSION DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025						
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA						
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL						
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025						

ANALISIS ESTADISTICOS POR EL TEOREMA DE DIXON							
Nº DE ENSAYO	TESTIGO	Fuerza de Unión Normalizada (Mpa)	$x_n - x_{n-1}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Coef. Teor. $Q_{crit} (0.95)$	TIPO DE DATO
4	D-4 SO	1.4129	0.0644	0.4622	0.1393	0.642	NO Atípico
2	D-2 SO	1.4773	0.0644	0.4622	0.1393	0.642	NO Atípico
1	D-1 SO	1.5592	0.0234	0.4622	0.0506	0.642	NO Atípico
5	D-5 SO	1.5826	0.0234	0.4622	0.0506	0.642	NO Atípico
3	D-3 SO	1.8751	0.2925	0.4622	0.6328	0.642	NO Atípico
7	D-2 OP	1.4568	0.0322	0.1112	0.2896	0.642	NO Atípico
6	D-1 OP	1.489	0.0322	0.1112	0.2896	0.642	NO Atípico
9	D-4 OP	1.5475	0.0088	0.1112	0.0791	0.642	NO Atípico
8	D-3 OP	1.5563	0.0088	0.1112	0.0791	0.642	NO Atípico
10	D-5 OP	1.568	0.0117	0.1112	0.1052	0.642	NO Atípico
15	D-5 OM	1.4831	0.0527	0.1463	0.3602	0.642	NO Atípico
12	D-2 OM	1.5358	0.0497	0.1463	0.3397	0.642	NO Atípico
14	D-4 OM	1.5855	0.0351	0.1463	0.2399	0.642	NO Atípico
11	D-1 OM	1.6206	0.0088	0.1463	0.0602	0.642	NO Atípico
13	D-3 OM	1.6294	0.0088	0.1463	0.0602	0.642	NO Atípico

Anexo 23. Ensayo a flexión en 4 puntos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

TESISTAS

ASESOR

LUGAR

EFECTO DE LA CORROSION DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACION CON LA RESISTENCIA A LA FLEXION EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

CUSCO - PERÚ - 2025

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION EN 4 PUNTOS NTP 339.078

N° DE VIGUETA	CÓDIGO	FECHA		EDAD (DÍAS)	LONGITUD				LONGITUD APOYOS (m)	CARGA DE ROTURA (kgf)	MOMENTO ULTIMO (ton-m)	PROMEDIO (ton-m)
		ELABORACIÓN	ROTURA		SUPERIOR		INFERIOR					
					L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)				
1	V1-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	7668	1.150	1.191
2	V2-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	7818	1.173	
3	V3-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	7998	1.200	
4	V4-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	7882	1.182	
5	V5-SO	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	8341	1.251	
6	V1-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6195	0.929	1.086
7	V2-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	8072	1.211	
8	V3-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	7997	1.200	
9	V4-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6627	0.994	
10	V5-OP	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	7298	1.095	
11	V1-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6850	1.028	1.094
12	V2-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6820	1.023	
13	V3-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	7947	1.192	
14	V4-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	8392	1.259	
15	V5-OM	12/10/2025	12/11/2025	31	1100	1100	1100	1100	0.9	6460	0.969	

Anexo 24. Prueba estadística del ensayo a flexión

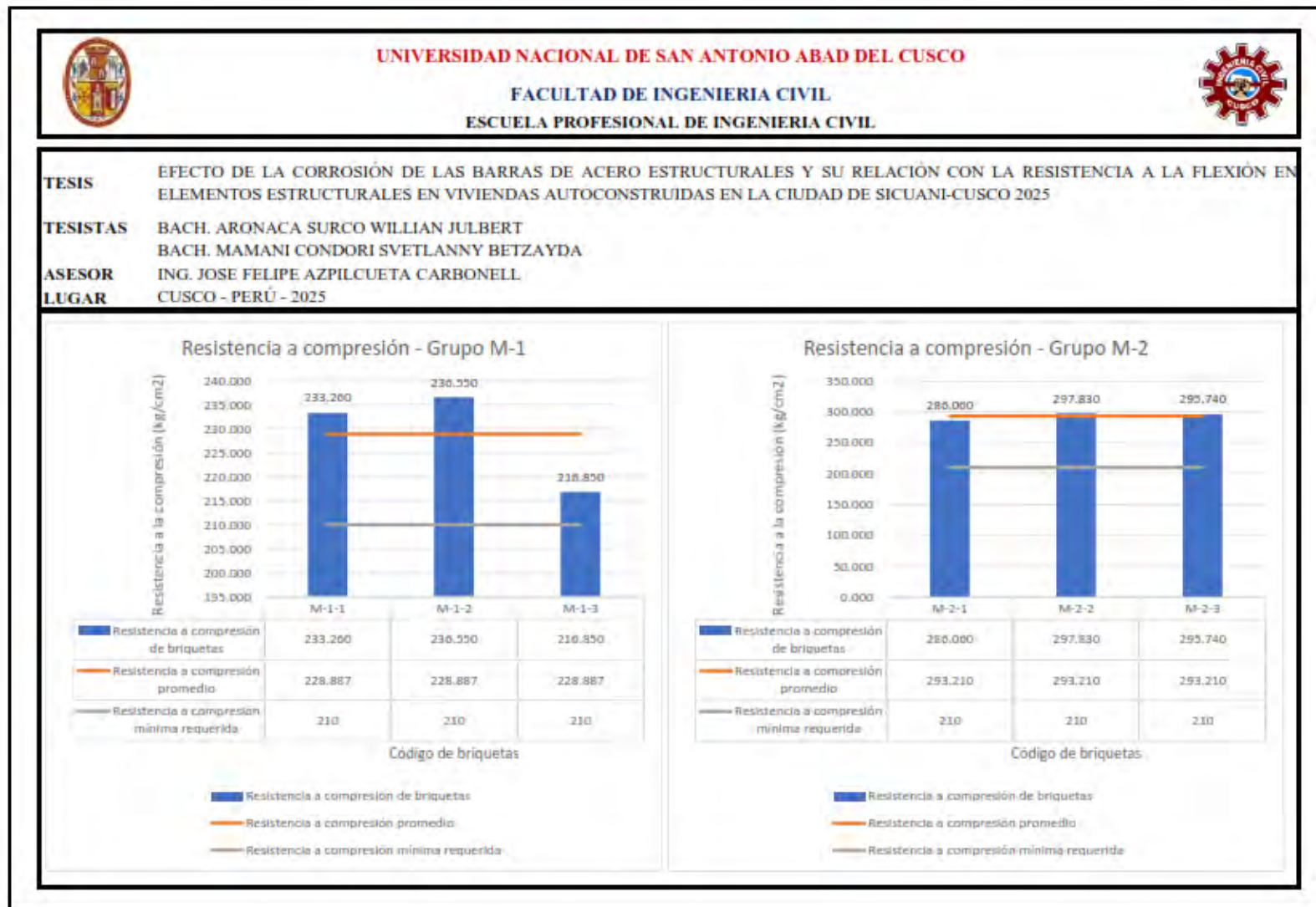
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO 	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFFECTO DE LA CORROSION DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACION CON LA RESISTENCIA A LA FLEXION EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERU - 2025

ANALISIS ESTADISTICOS POR EL TEOREMA DE DIXON							
Nº DE ENSAYO	TESTIGO	MOMENTO ULTIMO (ton-m)	$x_n - x_{n-1}$	$x_n - x_1$	Dixon Q_{exp}	Coef. Teor. $Q_{crit} (0.95)$	TIPO DE DATO
1	V1-SO	1.150	0.0230	0.1010	0.2277	0.642	NO Atípico
2	V2-SO	1.173	0.0090	0.1010	0.0891	0.642	NO Atípico
4	V4-SO	1.182	0.0090	0.1010	0.0891	0.642	NO Atípico
3	V3-SO	1.200	0.0180	0.1010	0.1782	0.642	NO Atípico
5	V5-SO	1.251	0.0510	0.1010	0.5050	0.642	NO Atípico
6	V1-OP	0.929	0.0650	0.2820	0.2305	0.642	NO Atípico
9	V4-OP	0.994	0.0650	0.2820	0.2305	0.642	NO Atípico
10	V5-OP	1.095	0.1010	0.2820	0.3582	0.642	NO Atípico
8	V3-OP	1.200	0.0110	0.2820	0.0390	0.642	NO Atípico
7	V2-OP	1.211	0.0110	0.2820	0.0390	0.642	NO Atípico
15	V5-OM	0.969	0.0540	0.2900	0.1862	0.642	NO Atípico
12	V2-OM	1.023	0.0050	0.2900	0.0172	0.642	NO Atípico
11	V1-OM	1.028	0.0050	0.2900	0.0172	0.642	NO Atípico
13	V3-OM	1.192	0.0670	0.2900	0.2310	0.642	NO Atípico
14	V4-OM	1.259	0.0670	0.2900	0.2310	0.642	NO Atípico

Anexo 25. Resultados resistencia a compresión

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>N° DE VIGUETA</th> <th>CÓDIGO</th> <th>Resistencia (kg/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>M-1-1</td><td>233.260</td></tr> <tr><td>2</td><td>M-1-2</td><td>236.550</td></tr> <tr><td>3</td><td>M-1-3</td><td>216.850</td></tr> <tr><td>4</td><td>M-2-1</td><td>286.060</td></tr> <tr><td>5</td><td>M-2-2</td><td>297.830</td></tr> <tr><td>6</td><td>M-2-3</td><td>295.740</td></tr> <tr><td>7</td><td>M-3-1</td><td>233.260</td></tr> <tr><td>8</td><td>M-3-2</td><td>266.430</td></tr> <tr><td>9</td><td>M-3-3</td><td>262.010</td></tr> <tr><td>10</td><td>M-4-1</td><td>239.710</td></tr> <tr><td>11</td><td>M-4-2</td><td>244.640</td></tr> <tr><td>12</td><td>M-4-3</td><td>238.020</td></tr> <tr><td>13</td><td>M-5-1</td><td>253.750</td></tr> <tr><td>14</td><td>M-5-2</td><td>259.800</td></tr> <tr><td>15</td><td>M-5-3</td><td>256.010</td></tr> <tr><td>16</td><td>M-6-1</td><td>272.540</td></tr> <tr><td>17</td><td>M-6-2</td><td>265.520</td></tr> <tr><td>18</td><td>M-6-3</td><td>220.420</td></tr> </tbody> </table>	N° DE VIGUETA	CÓDIGO	Resistencia (kg/cm2)	1	M-1-1	233.260	2	M-1-2	236.550	3	M-1-3	216.850	4	M-2-1	286.060	5	M-2-2	297.830	6	M-2-3	295.740	7	M-3-1	233.260	8	M-3-2	266.430	9	M-3-3	262.010	10	M-4-1	239.710	11	M-4-2	244.640	12	M-4-3	238.020	13	M-5-1	253.750	14	M-5-2	259.800	15	M-5-3	256.010	16	M-6-1	272.540	17	M-6-2	265.520	18	M-6-3	220.420	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>N° DE GRUPO</th> <th>CÓDIGO</th> <th>Resistencia (kg/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>M-1</td><td>228.887</td></tr> <tr><td>2</td><td>M-2</td><td>293.210</td></tr> <tr><td>3</td><td>M-3</td><td>253.900</td></tr> <tr><td>4</td><td>M-4</td><td>240.790</td></tr> <tr><td>5</td><td>M-5</td><td>256.520</td></tr> <tr><td>6</td><td>M-6</td><td>252.827</td></tr> </tbody> </table>	N° DE GRUPO	CÓDIGO	Resistencia (kg/cm2)	1	M-1	228.887	2	M-2	293.210	3	M-3	253.900	4	M-4	240.790	5	M-5	256.520	6	M-6	252.827	
N° DE VIGUETA	CÓDIGO	Resistencia (kg/cm2)																																																																														
1	M-1-1	233.260																																																																														
2	M-1-2	236.550																																																																														
3	M-1-3	216.850																																																																														
4	M-2-1	286.060																																																																														
5	M-2-2	297.830																																																																														
6	M-2-3	295.740																																																																														
7	M-3-1	233.260																																																																														
8	M-3-2	266.430																																																																														
9	M-3-3	262.010																																																																														
10	M-4-1	239.710																																																																														
11	M-4-2	244.640																																																																														
12	M-4-3	238.020																																																																														
13	M-5-1	253.750																																																																														
14	M-5-2	259.800																																																																														
15	M-5-3	256.010																																																																														
16	M-6-1	272.540																																																																														
17	M-6-2	265.520																																																																														
18	M-6-3	220.420																																																																														
N° DE GRUPO	CÓDIGO	Resistencia (kg/cm2)																																																																														
1	M-1	228.887																																																																														
2	M-2	293.210																																																																														
3	M-3	253.900																																																																														
4	M-4	240.790																																																																														
5	M-5	256.520																																																																														
6	M-6	252.827																																																																														





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS

BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

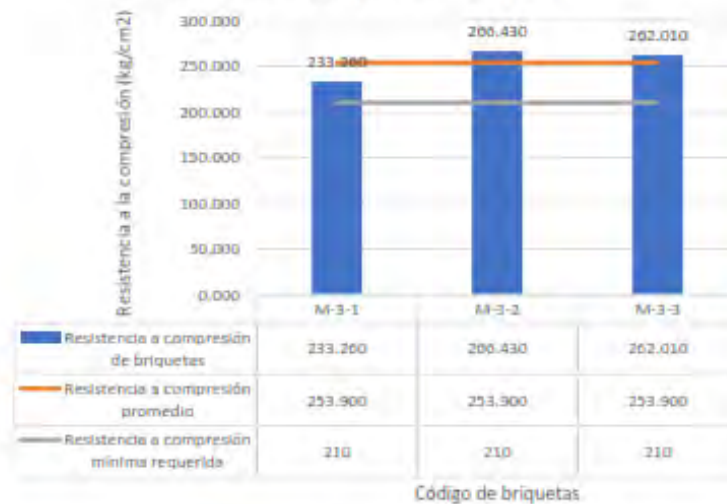
ASESOR

ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR

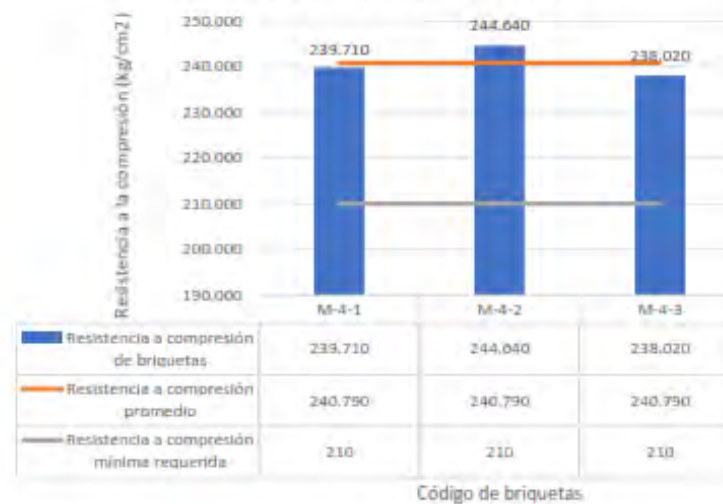
CUSCO - PERÚ - 2025

Resistencia a compresión - Grupo M-3



■ Resistencia a compresión de briquetas
— Resistencia a compresión promedio
— Resistencia a compresión mínima requerida

Resistencia a compresión - Grupo M-4



■ Resistencia a compresión de briquetas
— Resistencia a compresión promedio
— Resistencia a compresión mínima requerida



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS

BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT

BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

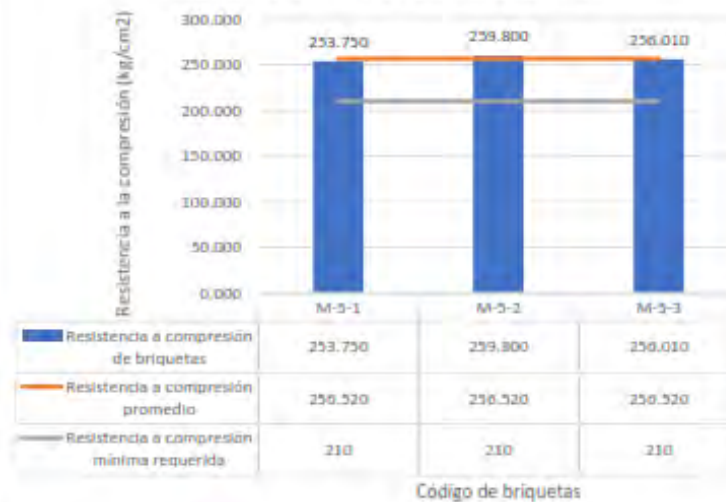
ASESOR

ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR

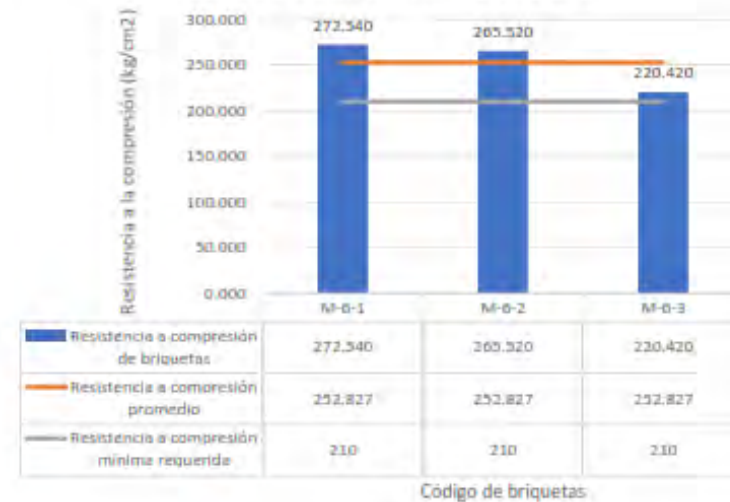
CUSCO - PERÚ - 2025

Resistencia a compresión - Grupo M-5

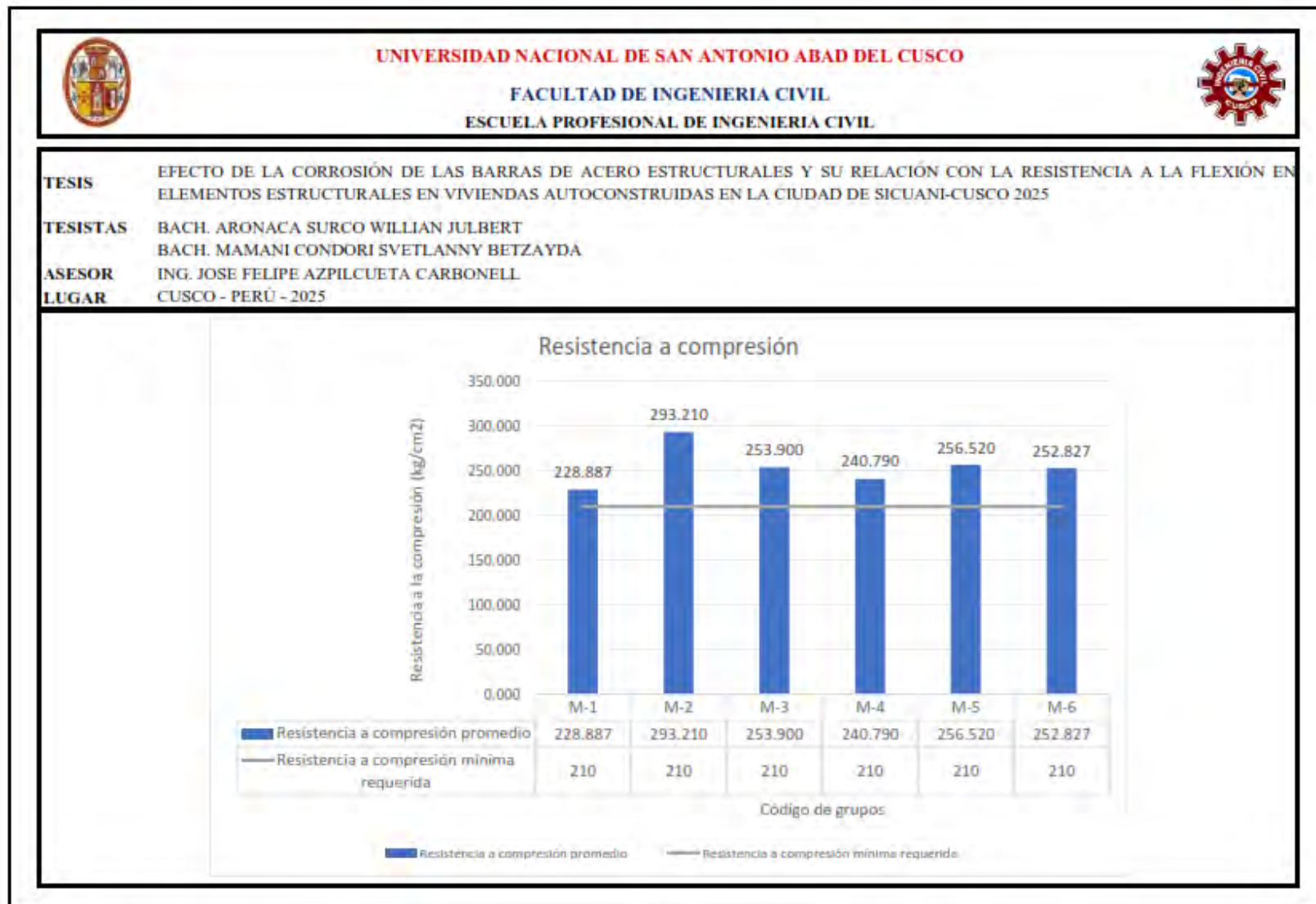


■ Resistencia a compresión de briquetas
 — Resistencia a compresión promedio
 — Resistencia a compresión mínima requerida

Resistencia a compresión - Grupo M-6



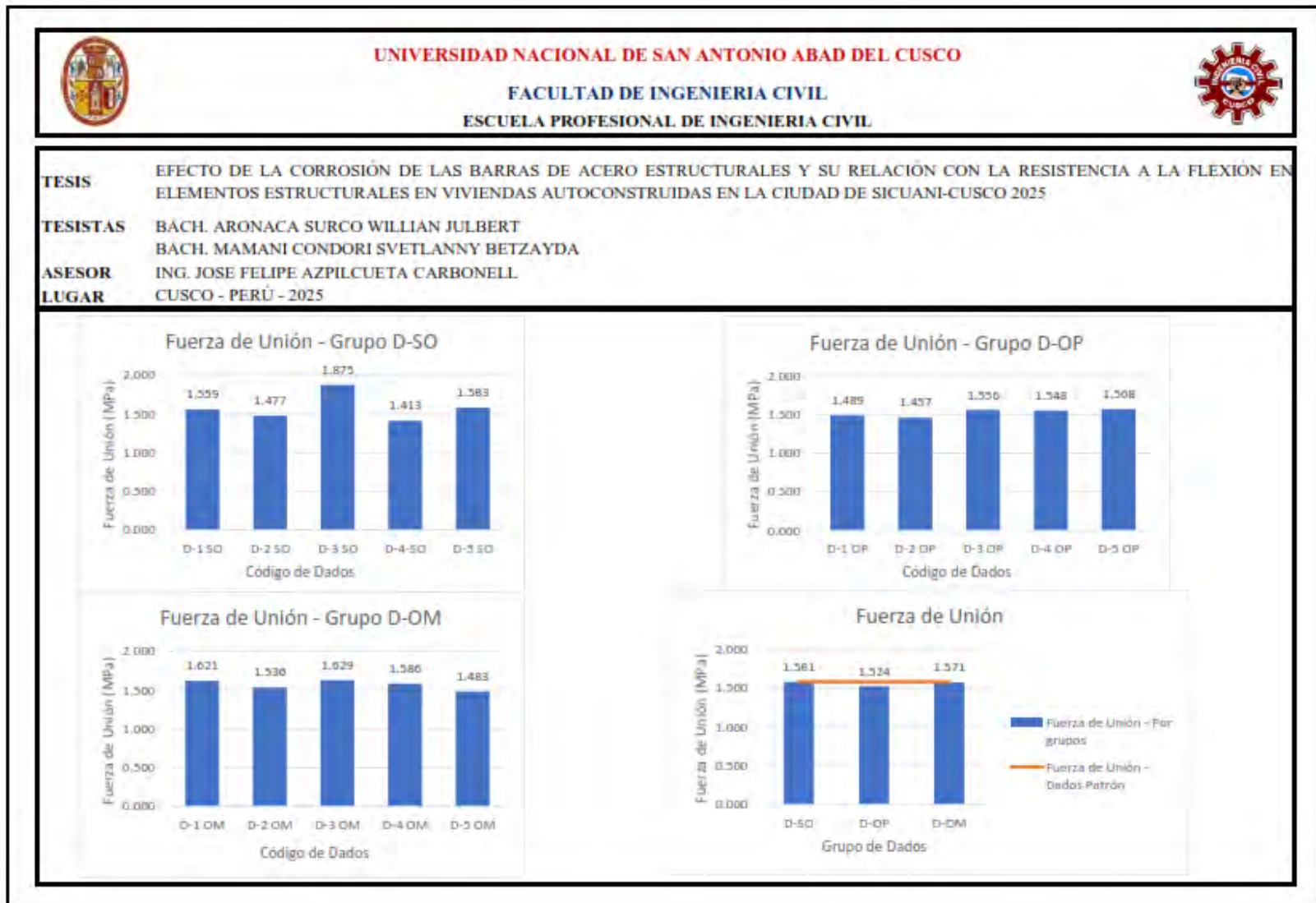
■ Resistencia a compresión de briquetas
 — Resistencia a compresión promedio
 — Resistencia a compresión mínima requerida



Anexo 26. Resultados ensayo de adherencia

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

RESULTADOS DE ENSAYO DE ADHERENCIA - FUERZA DE UNION NORMALIZADA																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nº DE VIGUETA</th> <th>CÓDIGO</th> <th>FUERZA DE UNIÓN (Mpa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>D-1 SO</td><td>1.559</td></tr> <tr><td>2</td><td>D-2 SO</td><td>1.477</td></tr> <tr><td>3</td><td>D-3 SO</td><td>1.875</td></tr> <tr><td>4</td><td>D-4-SO</td><td>1.413</td></tr> <tr><td>5</td><td>D-5 SO</td><td>1.583</td></tr> <tr><td>6</td><td>D-1 OP</td><td>1.489</td></tr> <tr><td>7</td><td>D-2 OP</td><td>1.457</td></tr> <tr><td>8</td><td>D-3 OP</td><td>1.556</td></tr> <tr><td>9</td><td>D-4 OP</td><td>1.548</td></tr> <tr><td>10</td><td>D-5 OP</td><td>1.568</td></tr> <tr><td>11</td><td>D-1 OM</td><td>1.621</td></tr> <tr><td>12</td><td>D-2 OM</td><td>1.536</td></tr> <tr><td>13</td><td>D-3 OM</td><td>1.629</td></tr> <tr><td>14</td><td>D-4 OM</td><td>1.586</td></tr> <tr><td>15</td><td>D-5 OM</td><td>1.483</td></tr> </tbody> </table>	Nº DE VIGUETA	CÓDIGO	FUERZA DE UNIÓN (Mpa)	1	D-1 SO	1.559	2	D-2 SO	1.477	3	D-3 SO	1.875	4	D-4-SO	1.413	5	D-5 SO	1.583	6	D-1 OP	1.489	7	D-2 OP	1.457	8	D-3 OP	1.556	9	D-4 OP	1.548	10	D-5 OP	1.568	11	D-1 OM	1.621	12	D-2 OM	1.536	13	D-3 OM	1.629	14	D-4 OM	1.586	15	D-5 OM	1.483		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nº DE GRUPO</th> <th>CÓDIGO</th> <th>FUERZA DE UNIÓN (Mpa)</th> <th>REDUCCIÓN DE T</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>D-SO</td><td>1.581</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>2</td><td>D-OP</td><td>1.524</td><td>3.61%</td></tr> <tr><td>3</td><td>D-OM</td><td>1.571</td><td>0.63%</td></tr> </tbody> </table>	Nº DE GRUPO	CÓDIGO	FUERZA DE UNIÓN (Mpa)	REDUCCIÓN DE T	1	D-SO	1.581	0.00%	2	D-OP	1.524	3.61%	3	D-OM	1.571	0.63%	
Nº DE VIGUETA	CÓDIGO	FUERZA DE UNIÓN (Mpa)																																																																	
1	D-1 SO	1.559																																																																	
2	D-2 SO	1.477																																																																	
3	D-3 SO	1.875																																																																	
4	D-4-SO	1.413																																																																	
5	D-5 SO	1.583																																																																	
6	D-1 OP	1.489																																																																	
7	D-2 OP	1.457																																																																	
8	D-3 OP	1.556																																																																	
9	D-4 OP	1.548																																																																	
10	D-5 OP	1.568																																																																	
11	D-1 OM	1.621																																																																	
12	D-2 OM	1.536																																																																	
13	D-3 OM	1.629																																																																	
14	D-4 OM	1.586																																																																	
15	D-5 OM	1.483																																																																	
Nº DE GRUPO	CÓDIGO	FUERZA DE UNIÓN (Mpa)	REDUCCIÓN DE T																																																																
1	D-SO	1.581	0.00%																																																																
2	D-OP	1.524	3.61%																																																																
3	D-OM	1.571	0.63%																																																																





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025

TESISTAS BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT
BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA

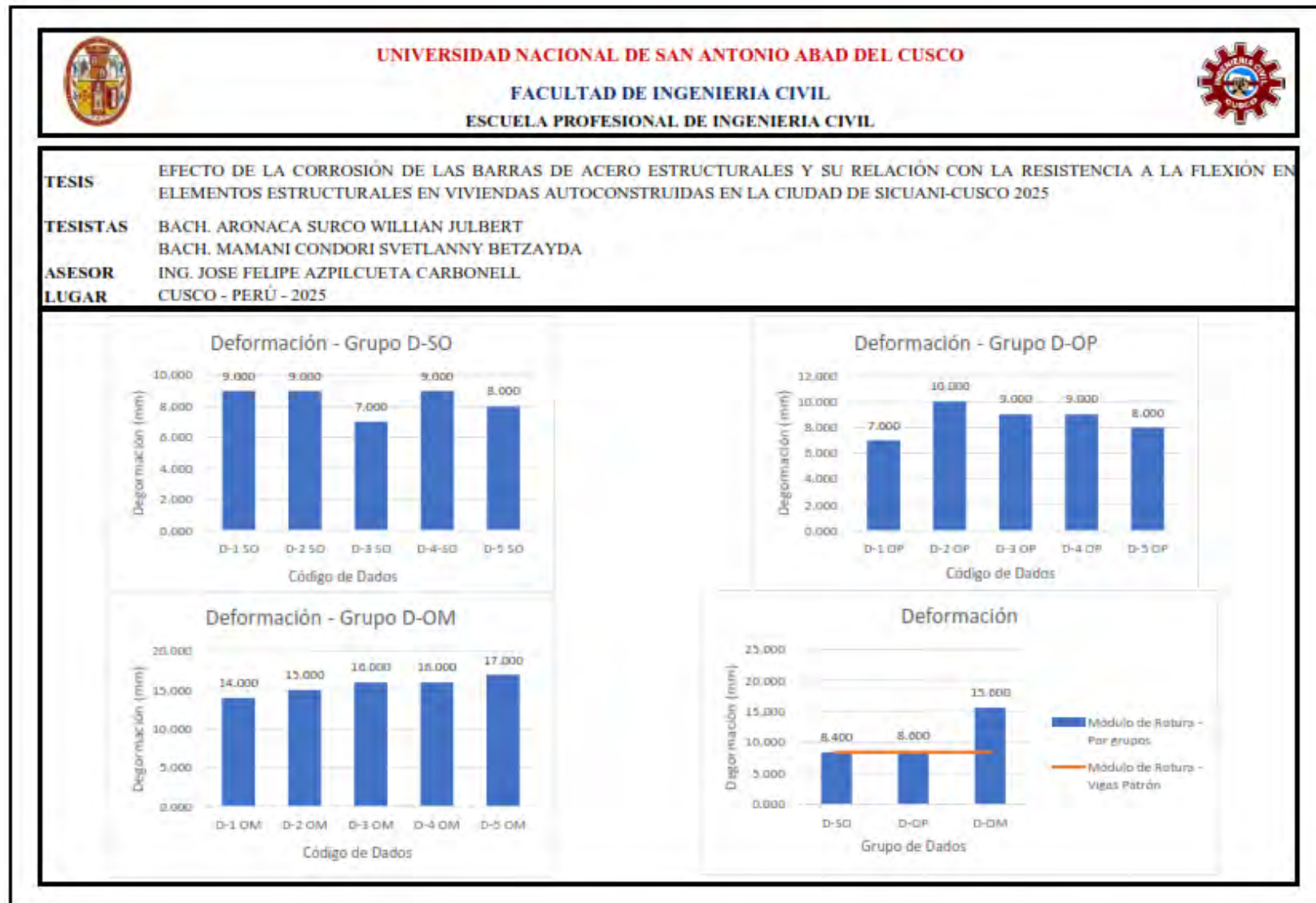
ASESOR ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

LUGAR CUSCO - PERÚ - 2025

RESULTADOS DE ENSAYO DE ADHERENCIA - DEFORMACION

Nº DE VIGUETA	CÓDIGO	Deformación (mm)
1	D-1 SO	9.000
2	D-2 SO	9.000
3	D-3 SO	7.000
4	D-4 SO	9.000
5	D-5 SO	8.000
6	D-1 OP	7.000
7	D-2 OP	10.000
8	D-3 OP	9.000
9	D-4 OP	9.000
10	D-5 OP	8.000
11	D-1 OM	14.000
12	D-2 OM	15.000
13	D-3 OM	16.000
14	D-4 OM	16.000
15	D-5 OM	17.000

Nº DE GRUPO	CÓDIGO	Deformación (mm)	REDUCCIÓN DE r
1	D-SO	8.400	0.00%
2	D-OP	8.600	-2.38%
3	D-OM	15.600	-85.71%

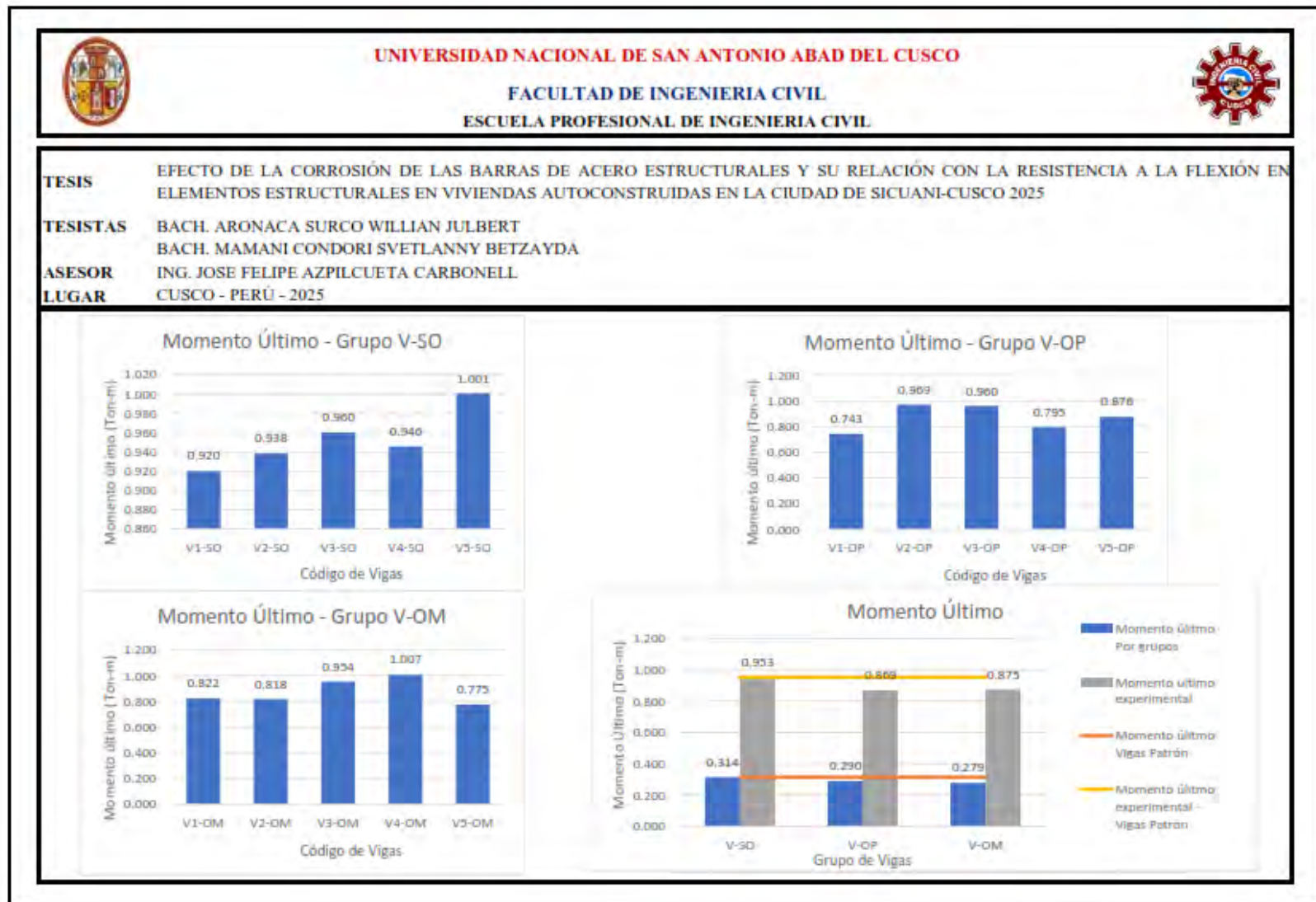


Anexo 27. Resultados ensayo a flexión

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	EFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025	
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA	
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL	
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025	

RESULTADOS DE ENSAYO A FLEXIÓN - MOMENTO ULTIMO			
N° DE VIGUETA	CÓDIGO	MOMENTO ULTIMO (ton-m)	
1	V1-SO	0.920	
2	V2-SO	0.938	
3	V3-SO	0.960	
4	V4-SO	0.946	
5	V5-SO	1.001	
6	V1-OP	0.743	
7	V2-OP	0.969	
8	V3-OP	0.960	
9	V4-OP	0.795	
10	V5-OP	0.876	
11	V1-OM	0.822	
12	V2-OM	0.818	
13	V3-OM	0.954	
14	V4-OM	1.007	
15	V5-OM	0.775	

N° DE GRUPO	CÓDIGO	MOMENTO ULTIMO (ton-m)	REDUCCIÓN DE Mu
1	V-SO	0.314	0.00%
2	V-OP	0.290	7.71%
3	V-OM	0.279	11.38%
1	V-SO	0.953	0.00%
2	V-OP	0.869	8.81%
3	V-OM	0.875	8.18%



Anexo 28. Gráfico momento flector vs desplazamiento para vigas con acero corrugado sin presencia de corrosión.



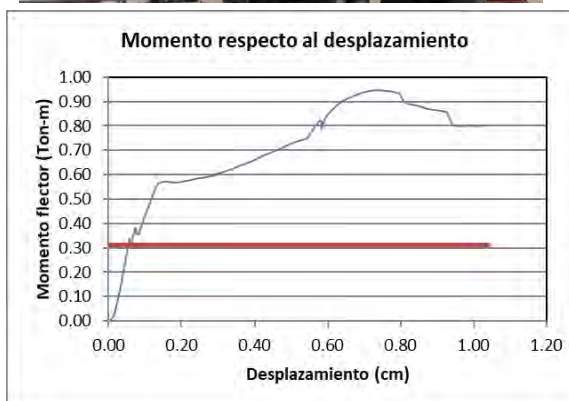
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS DEL ENSAYO						
Maquina	Maquina Universal de Ensayos					Long entre apoyos
Área Neta	1350	cm ²	Ancho	15	cm	90
Código	V-1 SO		Peralte	15	cm	Long entre cargas
			Largo	110	cm	30

Carga (kg)	Desplazamiento (cm)	Momento flector (Ton-m)	Tiempo
6174	0.679	0.9262	1.037
6183	0.682	0.9275	1.038
6191	0.684	0.9287	1.040
6199	0.686	0.9299	1.042
6207	0.688	0.9311	1.043
6215	0.691	0.9323	1.045
6222	0.693	0.9334	1.047
6230	0.695	0.9346	1.048
6238	0.698	0.9356	1.050
6245	0.700	0.9367	1.052
6252	0.703	0.9378	1.053
6258	0.705	0.9388	1.055
6265	0.7078	0.9397	1.057
6271	0.710	0.9407	1.058
6277	0.713	0.9415	1.060
6283	0.716	0.9425	1.062
6288	0.719	0.9432	1.063
6293	0.722	0.9439	1.065
6297	0.725	0.9445	1.067
6300	0.728	0.9450	1.068
6303	0.731	0.9455	1.070
6306	0.734	0.9458	1.072
6306	0.737	0.9458	1.073
6305	0.740	0.9457	1.075
6303	0.744	0.9455	1.077
6301	0.747	0.9451	1.078
6298	0.751	0.9446	1.080
6294	0.755	0.9442	1.082
6290	0.759	0.9434	1.083
6285	0.763	0.9427	1.085
6279	0.767	0.9419	1.087
6274	0.771	0.9410	1.088
6268	0.776	0.9402	1.090
6262	0.780	0.9392	1.092
6251	0.785	0.9377	1.093
6238	0.790	0.9358	1.095
6219	0.795	0.9329	1.097



RESULTADOS OBTENIDOS	
Tiempo transcurrido (min)	1.155
Carga en el punto rotura (kg/cm ²)	5347
Posición en el punto de rotura (cm)	0.802
Carga máxima (kg)	6306
Momento flector máximo (ton-m)	0.946
Momento flector teórico (ton-m)	0.314



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

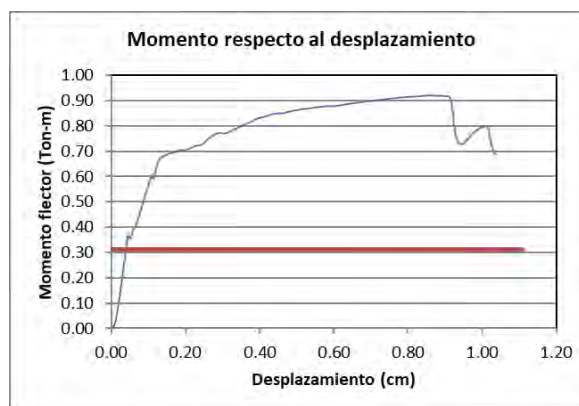
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS DEL ENSAYO					
Maquina	Maquina Universal de Ensayos				
Área Neta	1350	cm ²	Ancho	15	cm
Código	V-2 SO		Peralte	15	cm
			Largo	110	cm
			Long entre apoyos	90	cm
			Long entre cargas	30	cm

Carga (kg)	Desplazamiento (cm)	Momento flector (Ton-m)	Tiempo
5955	0.672	0.893	1.020
5962	0.678	0.894	1.022
5970	0.684	0.895	1.023
5977	0.690	0.897	1.025
5984	0.696	0.898	1.027
5990	0.702	0.899	1.028
5998	0.708	0.900	1.030
6004	0.714	0.901	1.032
6012	0.721	0.902	1.033
6021	0.727	0.903	1.035
6030	0.733	0.904	1.037
6038	0.740	0.906	1.038
6045	0.747	0.907	1.040
6051	0.753	0.908	1.042
6059	0.760	0.909	1.043
6068	0.767	0.910	1.045
6076	0.774	0.911	1.047
6082	0.781	0.912	1.048
6086	0.788	0.913	1.050
6095	0.795	0.914	1.052
6099	0.802	0.915	1.053
6102	0.810	0.915	1.055
6104	0.817	0.916	1.057
6110	0.824	0.916	1.058
6114	0.831	0.917	1.060
6120	0.838	0.918	1.062
6126	0.846	0.919	1.063
6134	0.853	0.920	1.065
6134	0.860	0.920	1.067
6130	0.867	0.919	1.068
6127	0.875	0.919	1.070
6125	0.882	0.919	1.072
6122	0.889	0.918	1.073
6118	0.897	0.918	1.075
6113	0.904	0.917	1.077
6098	0.911	0.915	1.078
5822	0.919	0.873	1.080
5238	0.925	0.786	1.082
4957	0.932	0.744	1.083
4854	0.939	0.728	1.085



RESULTADOS OBTENIDOS	
Tiempo transcurrido (min)	1.108
Carga en el punto rotura (kg/cm ²)	4570
Posición en el punto de rotura (cm)	0.685
Carga máxima (kg)	6134
Momento flector máximo (ton-m)	0.920
Momento flector teórico (ton-m)	0.314



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

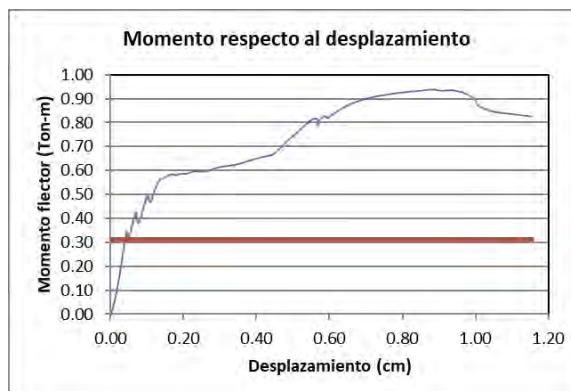
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS DEL ENSAYO						
Maquina	Maquina Universal de Ensayos					Long entre apoyos
Área Neta	1350	cm ²	Ancho	15	cm	90
Código	V-3 SO		Peralte	15	cm	Long entre cargas
			Largo	110	cm	30

Carga (kg)	Desplazamiento (cm)	Momento flector (Ton-m)	Tiempo
6098	0.753	0.915	1.032
6103	0.757	0.915	1.033
6110	0.761	0.916	1.035
6117	0.765	0.918	1.037
6123	0.769	0.918	1.038
6130	0.773	0.920	1.040
6138	0.777	0.921	1.042
6144	0.781	0.922	1.043
6151	0.785	0.923	1.045
6158	0.790	0.924	1.047
6162	0.794	0.924	1.048
6167	0.799	0.925	1.050
6173	0.803	0.926	1.052
6179	0.808	0.927	1.053
6185	0.813	0.928	1.055
6190	0.817	0.929	1.057
6194	0.822	0.929	1.058
6197	0.827	0.930	1.060
6201	0.832	0.930	1.062
6204	0.837	0.931	1.063
6209	0.842	0.931	1.065
6214	0.847	0.932	1.067
6221	0.853	0.933	1.068
6227	0.858	0.934	1.070
6234	0.864	0.935	1.072
6240	0.869	0.936	1.073
6247	0.875	0.937	1.075
6252	0.880	0.938	1.077
6254	0.886	0.938	1.078
6242	0.892	0.936	1.080
6226	0.899	0.934	1.082
6219	0.905	0.933	1.083
6219	0.912	0.933	1.085
6222	0.918	0.933	1.087
6225	0.925	0.934	1.088
6228	0.932	0.934	1.090
6226	0.939	0.934	1.092
6217	0.946	0.933	1.093
6196	0.953	0.929	1.095
6174	0.960	0.926	1.097
6155	0.967	0.923	1.098



RESULTADOS OBTENIDOS	
Tiempo transcurrido (min)	1.143
Carga en el punto rotura (kg/cm ²)	5498
Posición en el punto de rotura (cm)	0.825
Carga máxima (kg)	6254
Momento flector máximo (ton-m)	0.938
Momento flector teórico (ton-m)	0.314



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

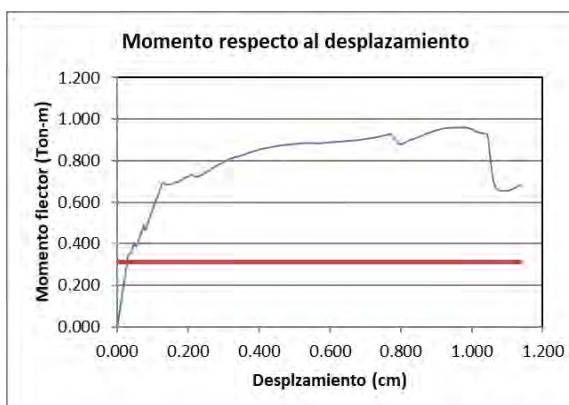
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS DEL ENSAYO						
Maquina	Maquina Universal de Ensayos					Long entre apoyos
Área Neta	1350	cm ²	Ancho	15		90
Código	V-4 SO		Peralte	15	cm	Long entre cargas
			Largo	110	cm	30

Carga (kg)	Desplazamiento (cm)	Momento flector (Ton-m)	Tiempo
4198	0.114	0.630	1.035
4205	0.114	0.631	1.037
4211	0.114	0.632	1.038
4218	0.115	0.633	1.040
4225	0.115	0.634	1.042
4231	0.115	0.635	1.043
4238	0.115	0.636	1.045
4244	0.115	0.637	1.047
4251	0.116	0.638	1.048
4258	0.116	0.639	1.050
4265	0.116	0.640	1.052
4271	0.116	0.641	1.053
4278	0.117	0.642	1.055
4285	0.117	0.643	1.057
4292	0.117	0.644	1.058
4298	0.117	0.645	1.060
4306	0.117	0.646	1.062
4312	0.118	0.647	1.063
4319	0.118	0.648	1.065
4326	0.118	0.649	1.067
4332	0.118	0.650	1.068
4339	0.118	0.651	1.070
4346	0.119	0.652	1.072
4353	0.119	0.653	1.073
4359	0.119	0.654	1.075
4366	0.119	0.655	1.077
4373	0.120	0.656	1.078
4380	0.120	0.657	1.080
4386	0.120	0.658	1.082
4393	0.120	0.659	1.083
4400	0.120	0.660	1.085
4406	0.121	0.661	1.087
4414	0.121	0.662	1.088
4420	0.121	0.663	1.090
4427	0.121	0.664	1.092
4434	0.122	0.665	1.093
4440	0.122	0.666	1.095
4447	0.122	0.667	1.097
4454	0.122	0.668	1.098
4460	0.122	0.669	1.100
4466	0.123	0.670	1.102
4474	0.123	0.671	1.103



RESULTADOS OBTENIDOS	
Tiempo transcurrido (min)	1.643
Carga en el punto rotura (kg/cm ²)	4397
Posición en el punto de rotura (cm)	0.660
Carga máxima (kg)	6398
Momento flector máximo (ton-m)	0.960
Momento flector teórico (ton-m)	0.314



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

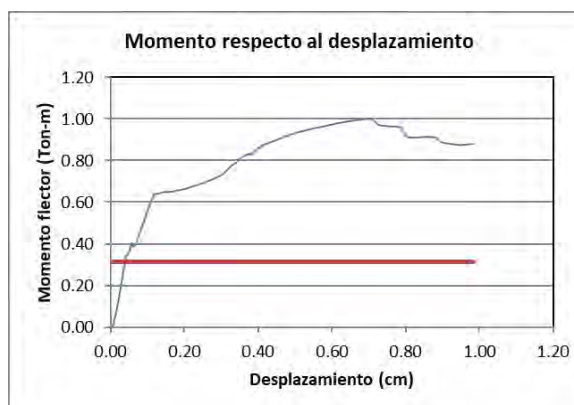
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS DEL ENSAYO					
Maquina	Maquina Universal de Ensayos				
Área Neta	1350	cm ²	Ancho	15	cm
Código	V-5 SO		Peralte	15	cm
			Largo	110	cm
			Long entre apoyos	90	cm
			Long entre cargas	30	cm

Carga (kg)	Desplazamiento (cm)	Momento flector (Ton-m)	Tiempo
6460	0.588	0.969	1.088
6470	0.592	0.970	1.090
6480	0.596	0.972	1.092
6490	0.600	0.973	1.093
6501	0.603	0.975	1.095
6511	0.607	0.977	1.097
6522	0.611	0.978	1.098
6532	0.616	0.980	1.100
6542	0.620	0.981	1.102
6550	0.624	0.983	1.103
6559	0.628	0.984	1.105
6568	0.632	0.985	1.107
6576	0.636	0.986	1.108
6584	0.641	0.988	1.110
6592	0.645	0.989	1.112
6599	0.649	0.990	1.113
6606	0.654	0.991	1.115
6613	0.659	0.992	1.117
6618	0.663	0.993	1.118
6625	0.668	0.994	1.120
6633	0.672	0.995	1.122
6641	0.677	0.996	1.123
6650	0.682	0.997	1.125
6658	0.687	0.999	1.127
6665	0.692	1.000	1.128
6671	0.697	1.001	1.130
6673	0.702	1.001	1.132
6670	0.707	1.001	1.133
6658	0.713	0.999	1.135
6554	0.719	0.983	1.137
6488	0.725	0.973	1.138
6462	0.732	0.969	1.140
6450	0.738	0.967	1.142
6444	0.745	0.967	1.143
6439	0.752	0.966	1.145
6433	0.759	0.965	1.147
6426	0.767	0.964	1.148
6419	0.774	0.963	1.150
6408	0.781	0.961	1.152
6386	0.788	0.958	1.153
6197	0.796	0.930	1.155
6092	0.804	0.914	1.157



RESULTADOS OBTENIDOS	
Tiempo transcurrido (min)	1.198
Carga en el punto rotura (kg/cm ²)	5870
Posición en el punto de rotura (cm)	0.880
Carga máxima (kg)	6673
Momento flector máximo (ton-m)	1.001
Momento flector teórico (ton-m)	0.314

Anexo 29. Gráfico de momento flector vs desplazamiento para vigas con acero corrugado con presencia de corrosión promedio



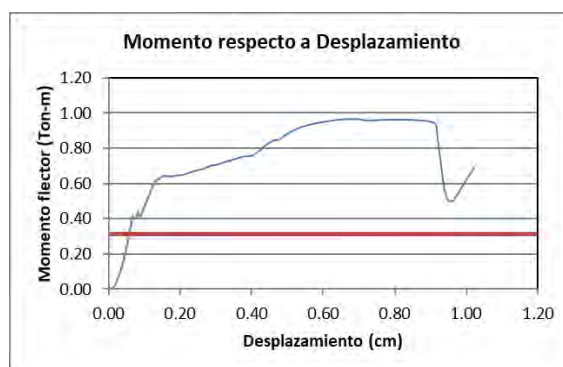
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SUCUNI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS DEL ENSAYO						
Maquina	Maquina Universal de Ensayos					
Área Neta	1350	cm ²	Ancho	15	cm	Long entre apoyos 90 cm
Código	V-1 OP		Peralte	15	cm	Long entre cargas 30 cm
			Largo	110	cm	

Carga (kg)	Desplazamiento (cm)	Momento flector (Ton-m)	Tiempo
6299	0.582	0.945	1.062
6306	0.585	0.946	1.063
6314	0.588	0.947	1.065
6320	0.591	0.948	1.067
6326	0.593	0.949	1.068
6334	0.596	0.950	1.070
6340	0.599	0.951	1.072
6346	0.602	0.952	1.073
6353	0.605	0.953	1.075
6359	0.608	0.954	1.077
6366	0.612	0.955	1.078
6374	0.615	0.956	1.080
6382	0.618	0.957	1.082
6390	0.622	0.958	1.083
6397	0.625	0.960	1.085
6403	0.629	0.960	1.087
6409	0.632	0.961	1.088
6415	0.636	0.962	1.090
6420	0.639	0.963	1.092
6426	0.643	0.964	1.093
6430	0.647	0.964	1.095
6434	0.651	0.965	1.097
6438	0.655	0.966	1.098
6442	0.659	0.966	1.100
6446	0.663	0.967	1.102
6450	0.667	0.967	1.103
6452	0.671	0.968	1.105
6454	0.676	0.968	1.107
6456	0.680	0.968	1.108
6457	0.685	0.969	1.110
6458	0.689	0.969	1.112
6456	0.694	0.968	1.113
6450	0.699	0.968	1.115
6433	0.704	0.965	1.117
6418	0.710	0.963	1.118
6409	0.715	0.961	1.120
6402	0.721	0.960	1.122
6401	0.727	0.960	1.123
6402	0.732	0.960	1.125
6405	0.738	0.961	1.127
6408	0.745	0.961	1.128



RESULTADOS OBTENIDOS	
Tiempo transcurrido (min)	1.193
Carga en el punto rotura (kg/cm ²)	4582
Posición en el punto de rotura (cm)	0.687
Carga máxima (kg)	6458
Momento flector máximo (ton-m)	0.969
Momento flector teórico (ton-m)	0.279



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS DEL ENSAYO								
Maquina	Maquina Universal de Ensayos					Long entre apoyos	90	cm
Área Neta	1350	cm2	Ancho	15	cm	Long entre cargas	30	cm
Código	V-2 OP		Peralte	15	cm			
			Largo	110	cm			

Carga (kg)	Desplazamiento (cm)	Momento flector (Ton-m)	Tiempo
4263	0.1737	0.6395	0.18
4290	0.178	0.644	0.182
4314	0.183	0.647	0.183
4326	0.188	0.649	0.185
4315	0.193	0.647	0.187
4312	0.199	0.647	0.188
4318	0.205	0.648	0.190
4331	0.211	0.650	0.192
4346	0.218	0.652	0.193
4357	0.225	0.654	0.195
4362	0.232	0.654	0.197
4370	0.239	0.656	0.198
4382	0.246	0.657	0.200
4396	0.253	0.659	0.202
4415	0.260	0.662	0.203
4436	0.267	0.665	0.205
4455	0.273	0.668	0.207
4473	0.280	0.671	0.208
4490	0.287	0.673	0.210
4506	0.294	0.676	0.212
4522	0.301	0.678	0.213
4538	0.308	0.681	0.215
4561	0.315	0.684	0.217
4585	0.323	0.688	0.218
4610	0.330	0.691	0.220
4635	0.337	0.695	0.222
4660	0.344	0.699	0.223
4684	0.351	0.703	0.225
4706	0.358	0.706	0.227
4728	0.365	0.709	0.228
4749	0.372	0.712	0.230
4768	0.379	0.715	0.232
4789	0.386	0.718	0.233
4810	0.393	0.721	0.235
4830	0.400	0.724	0.237
4850	0.408	0.728	0.238
4872	0.415	0.731	0.240
4894	0.422	0.734	0.242
4916	0.429	0.737	0.243
4936	0.436	0.740	0.245
4956	0.443	0.743	0.247



RESULTADOS OBTENIDOS	
Tiempo transcurrido (min)	0.247
Carga en el punto rotura (kg/cm ²)	4956
Posición en el punto de rotura (cm)	0.743
Carga máxima (kg)	4956
Momento flector máximo (ton-m)	0.743
Momento flector teórico (ton-m)	0.279



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

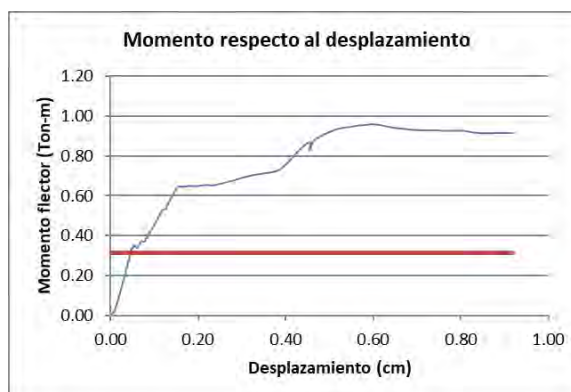
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS DEL ENSAYO					
Maquina	Maquina Universal de Ensayos				
Área Neta	1350	cm ²	Ancho	15	cm
Código	V-3 OP		Peralte	15	cm
			Largo	110	cm
			Long entre apoyos	90	cm
			Long entre cargas	30	cm

Carga (kg)	Desplazamiento (cm)	Momento flector (Ton-m)	Tiempo
6282	0.532	0.942	1.058
6287	0.534	0.943	1.060
6290	0.536	0.944	1.062
6294	0.539	0.944	1.063
6296	0.541	0.944	1.065
6300	0.544	0.945	1.067
6306	0.546	0.946	1.068
6314	0.549	0.947	1.070
6322	0.552	0.948	1.072
6330	0.554	0.949	1.073
6337	0.557	0.951	1.075
6343	0.560	0.951	1.077
6349	0.563	0.952	1.078
6355	0.566	0.953	1.080
6360	0.569	0.954	1.082
6364	0.572	0.955	1.083
6366	0.575	0.955	1.085
6370	0.579	0.956	1.087
6375	0.582	0.956	1.088
6381	0.586	0.957	1.090
6388	0.589	0.958	1.092
6394	0.593	0.959	1.093
6398	0.596	0.960	1.095
6397	0.600	0.960	1.097
6391	0.604	0.959	1.098
6383	0.608	0.957	1.100
6374	0.612	0.956	1.102
6369	0.616	0.955	1.103
6357	0.621	0.954	1.105
6340	0.625	0.951	1.107
6326	0.630	0.949	1.108
6311	0.635	0.947	1.110
6297	0.640	0.945	1.112
6282	0.646	0.942	1.113
6270	0.652	0.941	1.115
6263	0.657	0.939	1.117
6254	0.663	0.938	1.118
6247	0.670	0.937	1.120
6235	0.676	0.935	1.122
6220	0.683	0.933	1.123
6210	0.690	0.931	1.125



RESULTADOS OBTENIDOS	
Tiempo transcurrido (min)	1.178
Carga en el punto rotura (kg/cm ²)	6103
Posición en el punto de rotura (cm)	0.915
Carga máxima (kg)	6398
Momento flector máximo (ton-m)	0.960
Momento flector teórico (ton-m)	0.279



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS DEL ENSAYO								
Maquina	Maquina Universal de Ensayos					Long entre apoyos	90	cm
Área Neta	1350	cm2	Ancho	15	cm			
Código	V-4 OP		Peralte	15	cm	Long entre cargas	30	cm
			Largo	110	cm			

Carga (kg)	Desplazamiento (cm)	Momento flector (Ton-m)	Tiempo
5146	0.469	0.772	0.868
5154	0.472	0.773	0.870
5162	0.474	0.774	0.872
5167	0.477	0.775	0.873
5174	0.480	0.776	0.875
5181	0.483	0.777	0.877
5188	0.487	0.778	0.878
5194	0.490	0.779	0.880
5202	0.493	0.780	0.882
5209	0.496	0.781	0.883
5216	0.499	0.782	0.885
5222	0.503	0.783	0.887
5232	0.506	0.785	0.888
5238	0.510	0.786	0.890
5246	0.513	0.787	0.892
5256	0.517	0.788	0.893
5262	0.521	0.789	0.895
5270	0.524	0.791	0.897
5278	0.528	0.792	0.898
5283	0.532	0.792	0.900
5290	0.536	0.793	0.902
5297	0.540	0.795	0.903
5302	0.544	0.795	0.905
5301	0.549	0.795	0.907
5287	0.553	0.793	0.908
5281	0.558	0.792	0.910
5278	0.562	0.792	0.912
5276	0.567	0.791	0.913
5274	0.572	0.791	0.915
5273	0.577	0.791	0.917
5274	0.582	0.791	0.918
5276	0.587	0.791	0.920
5277	0.593	0.792	0.922
5274	0.598	0.791	0.923
5276	0.604	0.791	0.925
5281	0.610	0.792	0.927
5284	0.616	0.793	0.928
5277	0.622	0.792	0.930
5266	0.629	0.790	0.932
5252	0.635	0.788	0.933
5232	0.642	0.785	0.935



RESULTADOS OBTENIDOS	
Tiempo transcurrido (min)	0.990
Carga en el punto rotura (kg/cm ²)	4946
Posición en el punto de rotura (cm)	0.742
Carga máxima (kg)	5302
Momento flector máximo (ton-m)	0.795
Momento flector teórico (ton-m)	0.279



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

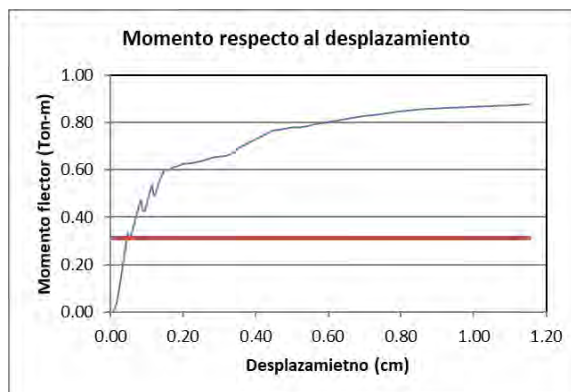
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

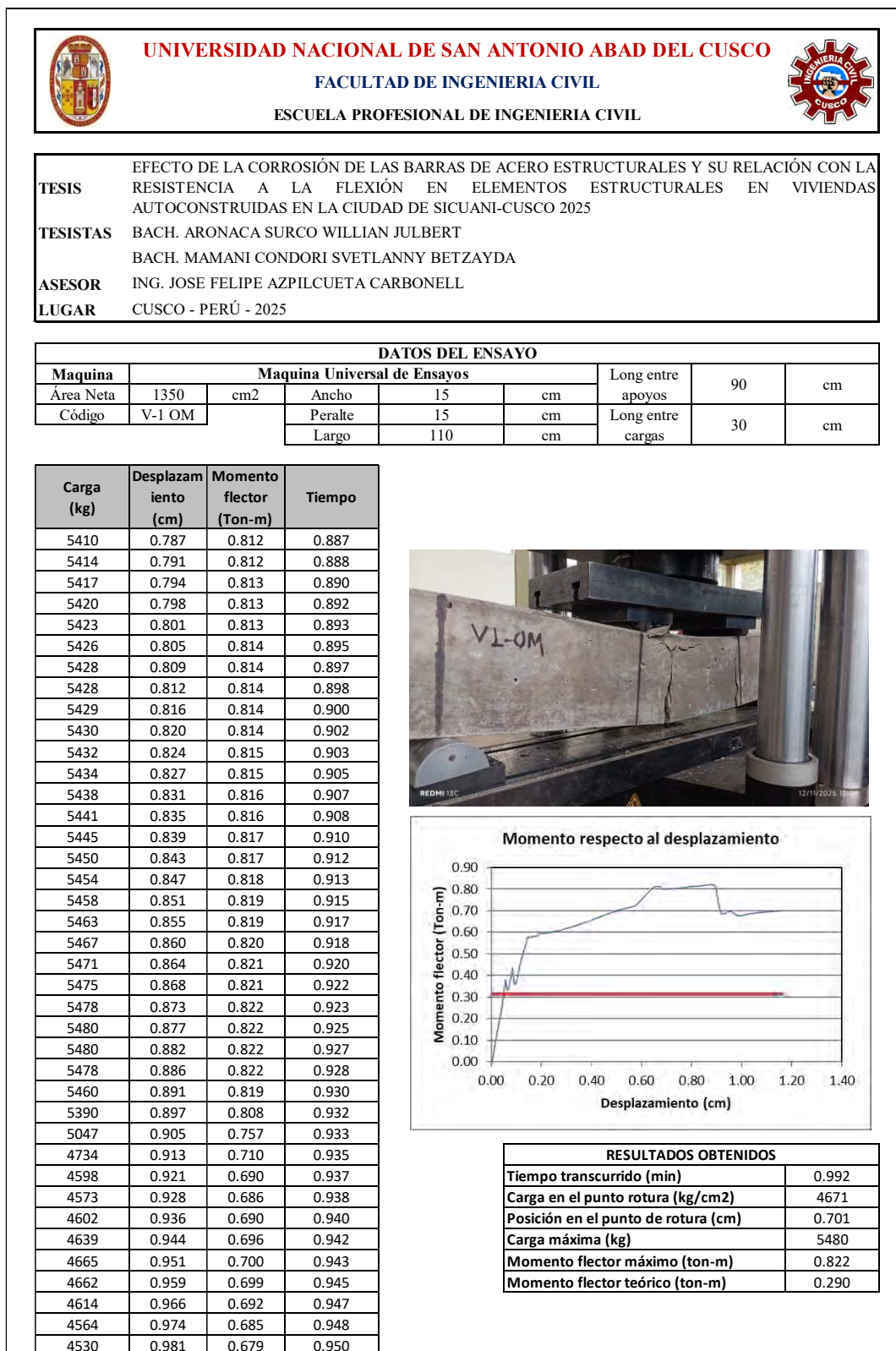
DATOS DEL ENSAYO					
Maquina	Maquina Universal de Ensayos				
Área Neta	1350	cm ²	Ancho	15	cm
Código	V-5 OP		Peralte	15	cm
			Largo	110	cm
					Long entre apoyos 90 cm
					Long entre cargas 30 cm

Carga (kg)	Desplazamiento (cm)	Momento flector (Ton-m)	Tiempo
5710	0.868	0.857	0.983
5714	0.874	0.857	0.985
5717	0.881	0.858	0.987
5718	0.888	0.858	0.988
5721	0.895	0.858	0.990
5724	0.902	0.859	0.992
5729	0.909	0.859	0.993
5734	0.916	0.860	0.995
5738	0.923	0.861	0.997
5742	0.931	0.861	0.998
5746	0.938	0.862	1.000
5746	0.945	0.862	1.002
5747	0.952	0.862	1.003
5751	0.959	0.863	1.005
5755	0.967	0.863	1.007
5760	0.974	0.864	1.008
5763	0.981	0.864	1.010
5767	0.988	0.865	1.012
5771	0.995	0.866	1.013
5773	1.002	0.866	1.015
5775	1.010	0.866	1.017
5778	1.017	0.867	1.018
5780	1.024	0.867	1.020
5783	1.031	0.867	1.022
5786	1.038	0.868	1.023
5789	1.046	0.868	1.025
5794	1.053	0.869	1.027
5798	1.060	0.870	1.028
5801	1.067	0.870	1.030
5803	1.074	0.870	1.032
5807	1.081	0.871	1.033
5811	1.089	0.872	1.035
5811	1.096	0.872	1.037
5814	1.103	0.872	1.038
5819	1.110	0.873	1.040
5822	1.117	0.873	1.042
5822	1.124	0.873	1.043
5828	1.132	0.874	1.045
5834	1.139	0.875	1.047
5836	1.146	0.875	1.048
5838	1.153	0.876	1.050



RESULTADOS OBTENIDOS	
Tiempo transcurrido (min)	1.050
Carga en el punto rotura (kg/cm ²)	5838
Posición en el punto de rotura (cm)	0.876
Carga máxima (kg)	5838
Momento flector máximo (ton-m)	0.876
Momento flector teórico (ton-m)	0.279

Anexo 30. Gráfico de momento flector vs desplazamiento para vigas con acero corrugado con presencia de corrosión máxima.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

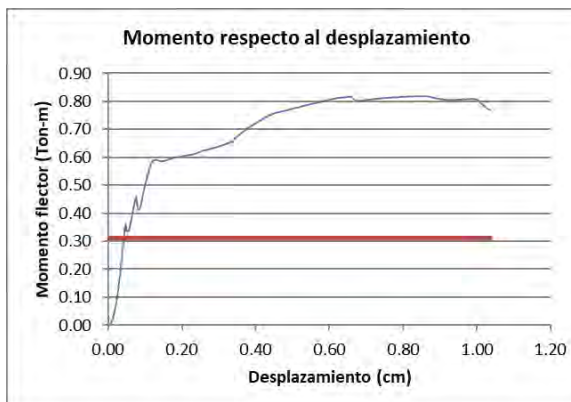
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS DEL ENSAYO						
Maquina	Maquina Universal de Ensayos					Long entre apoyos
Área Neta	1350	cm ²	Ancho	15	cm	90
Código	V-2 OM		Peralte	15	cm	Long entre cargas
			Largo	110	cm	

Carga (kg)	Desplazamiento (cm)	Momento flector (Ton-m)	Tiempo
5350	0.689	0.803	0.937
5356	0.693	0.803	0.938
5361	0.698	0.804	0.940
5367	0.702	0.805	0.942
5373	0.707	0.806	0.943
5378	0.712	0.807	0.945
5383	0.717	0.807	0.947
5389	0.722	0.808	0.948
5394	0.727	0.809	0.950
5399	0.733	0.810	0.952
5404	0.738	0.811	0.953
5409	0.744	0.811	0.955
5413	0.750	0.812	0.957
5417	0.756	0.813	0.958
5419	0.762	0.813	0.960
5422	0.768	0.813	0.962
5427	0.775	0.814	0.963
5430	0.781	0.815	0.965
5434	0.788	0.815	0.967
5438	0.795	0.816	0.968
5442	0.801	0.816	0.970
5446	0.809	0.817	0.972
5448	0.816	0.817	0.973
5450	0.823	0.817	0.975
5451	0.830	0.818	0.977
5452	0.837	0.818	0.978
5454	0.844	0.818	0.980
5456	0.852	0.818	0.982
5455	0.859	0.818	0.983
5452	0.866	0.818	0.985
5444	0.873	0.817	0.987
5429	0.880	0.814	0.988
5412	0.887	0.812	0.990
5400	0.895	0.810	0.992
5390	0.902	0.808	0.993
5381	0.909	0.807	0.995
5371	0.916	0.806	0.997
5368	0.923	0.805	0.998
5368	0.930	0.805	1.000
5370	0.937	0.806	1.002
5372	0.945	0.806	1.003



RESULTADOS OBTENIDOS	
Tiempo transcurrido (min)	1.025
Carga en el punto rotura (kg/cm ²)	5129
Posición en el punto de rotura (cm)	0.769
Carga máxima (kg)	5456
Momento flector máximo (ton-m)	0.818
Momento flector teórico (ton-m)	0.290



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

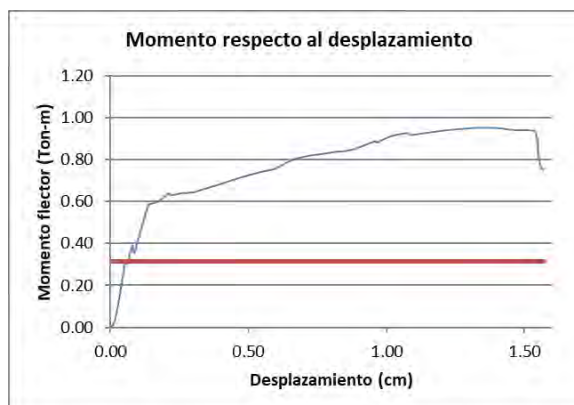
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS DEL ENSAYO						
Maquina	Maquina Universal de Ensayos					Long entre apoyos
Área Neta	1350	cm ²	Ancho	15	cm	90
Código	V-3 OM		Peralte	15	cm	Long entre cargas
			Largo	110	cm	30

Carga (kg)	Desplazamiento (cm)	Momento flector (Ton-m)	Tiempo
6200	1.153	0.930	1.048
6205	1.158	0.931	1.050
6210	1.162	0.932	1.052
6216	1.167	0.932	1.053
6222	1.172	0.933	1.055
6227	1.176	0.934	1.057
6233	1.181	0.935	1.058
6239	1.186	0.936	1.060
6246	1.191	0.937	1.062
6252	1.196	0.938	1.063
6258	1.201	0.939	1.065
6263	1.207	0.939	1.067
6269	1.212	0.940	1.068
6274	1.217	0.941	1.070
6279	1.223	0.942	1.072
6285	1.228	0.943	1.073
6290	1.234	0.943	1.075
6294	1.239	0.944	1.077
6299	1.245	0.945	1.078
6304	1.251	0.946	1.080
6308	1.257	0.946	1.082
6312	1.263	0.947	1.083
6316	1.269	0.947	1.085
6320	1.275	0.948	1.087
6324	1.281	0.949	1.088
6328	1.288	0.949	1.090
6333	1.294	0.950	1.092
6338	1.301	0.951	1.093
6342	1.307	0.951	1.095
6346	1.314	0.952	1.097
6350	1.321	0.953	1.098
6354	1.328	0.953	1.100
6356	1.335	0.953	1.102
6358	1.342	0.954	1.103
6358	1.349	0.954	1.105
6354	1.356	0.953	1.107
6352	1.364	0.953	1.108
6350	1.371	0.952	1.110
6346	1.378	0.952	1.112
6345	1.385	0.952	1.113
6342	1.392	0.951	1.115



RESULTADOS OBTENIDOS	
Tiempo transcurrido (min)	1.157
Carga en el punto rotura (kg/cm ²)	5034
Posición en el punto de rotura (cm)	0.755
Carga máxima (kg)	6358
Momento flector máximo (ton-m)	0.954
Momento flector teórico (ton-m)	0.290



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

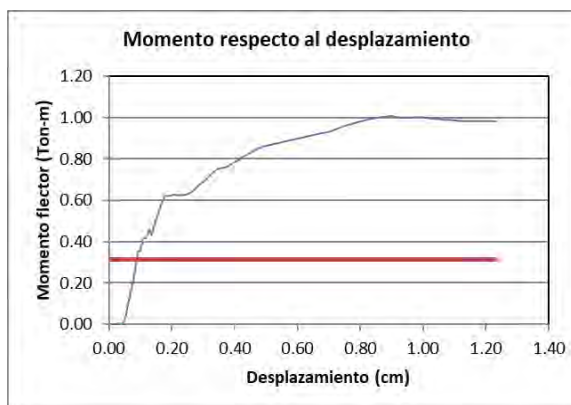
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS DEL ENSAYO					
Maquina	Maquina Universal de Ensayos				
Área Neta	1350	cm2	Ancho	15	cm
Código	V-4 OM		Peralte	15	cm
			Largo	110	cm
			Long entre apoyos	90	cm
			Long entre cargas	30	cm

Carga (kg)	Desplazamiento (cm)	Momento flector (Ton-m)	Tiempo
6390	0.749	0.959	1.073
6408	0.755	0.961	1.075
6426	0.760	0.964	1.077
6442	0.765	0.966	1.078
6459	0.771	0.969	1.080
6475	0.776	0.971	1.082
6490	0.781	0.974	1.083
6506	0.787	0.976	1.085
6522	0.792	0.978	1.087
6535	0.797	0.980	1.088
6548	0.803	0.982	1.090
6562	0.808	0.984	1.092
6575	0.813	0.986	1.093
6590	0.819	0.988	1.095
6602	0.824	0.990	1.097
6616	0.829	0.992	1.098
6626	0.835	0.994	1.100
6636	0.840	0.995	1.102
6646	0.845	0.997	1.103
6655	0.851	0.998	1.105
6665	0.856	1.000	1.107
6674	0.862	1.001	1.108
6682	0.867	1.002	1.110
6690	0.872	1.003	1.112
6697	0.878	1.005	1.113
6704	0.883	1.006	1.115
6710	0.889	1.007	1.117
6714	0.894	1.007	1.118
6711	0.900	1.007	1.120
6704	0.906	1.006	1.122
6690	0.912	1.003	1.123
6678	0.917	1.002	1.125
6671	0.923	1.001	1.127
6666	0.930	1.000	1.128
6665	0.936	1.000	1.130
6664	0.942	1.000	1.132
6664	0.948	1.000	1.133
6665	0.955	1.000	1.135
6667	0.961	1.000	1.137
6671	0.968	1.001	1.138
6674	0.975	1.001	1.140



RESULTADOS OBTENIDOS	
Tiempo transcurrido (min)	1.200
Carga en el punto rotura (kg/cm2)	6542
Posición en el punto de rotura (cm)	0.981
Carga máxima (kg)	6714
Momento flector máximo (ton-m)	1.007
Momento flector teórico (ton-m)	0.290



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

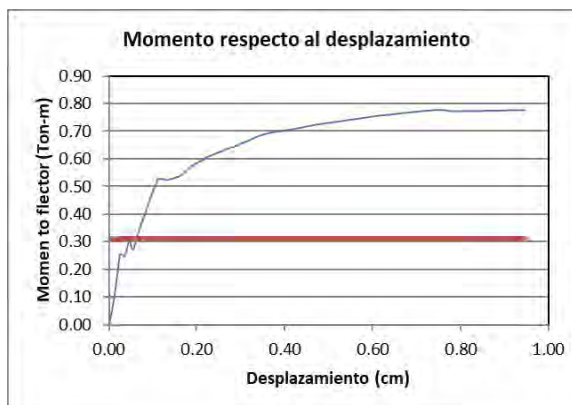
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS	EFFECTO DE LA CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO ESTRUCTURALES Y SU RELACIÓN CON LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE SICUANI-CUSCO 2025
TESISTAS	BACH. ARONACA SURCO WILLIAN JULBERT BACH. MAMANI CONDORI SVETLANNY BETZAYDA
ASESOR	ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
LUGAR	CUSCO - PERÚ - 2025

DATOS DEL ENSAYO					
Maquina	Maquina Universal de Ensayos				
Área Neta	1350	cm ²	Ancho	15	cm
Código	V-5 OM		Peralte	15	cm
			Largo	110	cm
					Long entre apoyos 90 cm
					Long entre cargas 30 cm

Carga (kg)	Desplazamiento (cm)	Momento flector (Ton-m)	Tiempo
4944	0.556	0.7416	0.847
4952	0.562	0.743	0.848
4960	0.567	0.744	0.850
4968	0.572	0.745	0.852
4977	0.578	0.747	0.853
4985	0.583	0.748	0.855
4994	0.589	0.749	0.857
5002	0.594	0.750	0.858
5010	0.600	0.752	0.860
5019	0.606	0.753	0.862
5027	0.612	0.754	0.863
5034	0.618	0.755	0.865
5040	0.624	0.756	0.867
5047	0.630	0.757	0.868
5054	0.636	0.758	0.870
5061	0.643	0.759	0.872
5069	0.649	0.760	0.873
5077	0.656	0.762	0.875
5086	0.662	0.763	0.877
5094	0.669	0.764	0.878
5102	0.676	0.765	0.880
5110	0.683	0.766	0.882
5118	0.689	0.768	0.883
5125	0.697	0.769	0.885
5133	0.704	0.770	0.887
5139	0.711	0.771	0.888
5146	0.718	0.772	0.890
5151	0.725	0.773	0.892
5158	0.732	0.774	0.893
5164	0.739	0.775	0.895
5168	0.746	0.775	0.897
5168	0.754	0.775	0.898
5166	0.761	0.775	0.900
5152	0.768	0.773	0.902
5142	0.775	0.771	0.903
5135	0.782	0.770	0.905
5132	0.789	0.770	0.907
5134	0.796	0.770	0.908
5138	0.803	0.771	0.910
5140	0.811	0.771	0.912
5142	0.818	0.771	0.913
5143	0.825	0.771	0.915



RESULTADOS OBTENIDOS	
Tiempo transcurrido (min)	0.943
Carga en el punto rotura (kg/cm ²)	5162
Posición en el punto de rotura (cm)	0.774
Carga máxima (kg)	5168
Momento flector máximo (ton-m)	0.775
Momento flector teórico (ton-m)	0.290

Anexo 31. Panel fotográfico



Fotografía 1. Tamizaje de agregados



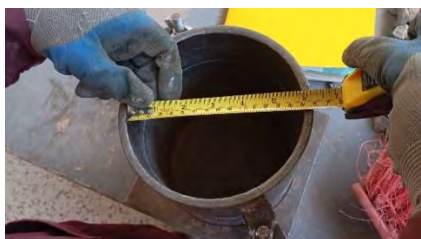
Fotografía 2. Granulometría del agregado fino



Fotografía 3. Granulometría del agregado grueso



Fotografía 4. Toma de datos de los ensayos de granulometría



Fotografía 5. Toma de medidas para ensayo de peso unitario



Fotografía 6. Cuarteo de agregado para ensayos



Fotografía 7. Ensayo de peso unitario



Fotografía 8. Materiales empleados para el ensayo de peso unitario



Fotografía 9. Ensayos de contenido de humedad de agregados



Fotografía 10. Ensayo del contenido de humedad del agregado fino



Fotografía 11. Secado superficial del agregado grueso



Fotografía 12. Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso



Fotografía 13. Ensayo de absorción, agregado fino



Fotografía 14. Secado de los agregados en el horno



Fotografía 15. Materiales para el ensayo de absorción



Fotografía 16. Engrase de briqueteras



Fotografía 17. Determinación de SLUMP del concreto



Fotografía 18. Elaboración de briquetas para diseño de mezclas



Fotografía 19. Rotura de la primera briqueta para diseño de mezclas



Fotografía 20. Rotura de la segunda briqueta para diseño de mezclas



Fotografía 21. Rotura de la tercera briqueta para diseño de mezclas



Fotografía 22. Equipo utilizado en rotura de briquetas



Fotografía 23. Elaboración de vigas de concreto, con acero embebido



Fotografía 24. Elaboración de dados de concreto con acero embebido



Fotografía 25. Determinación del SLUMP en la elaboración de vigas y dados de concreto



Fotografía 26. Elaboración de briquetas



Fotografía 27. Colocación de los aceros corroídos y no corroídos en las vigas



Fotografía 28. Curado de briquetas y dados de concreto



Fotografía 29. Elaboración de briquetas de concreto para análisis de resistencia a la compresión



Fotografía 30. Curado de vigas y briquetas



Fotografía 31. Peso de muestras de acero corroídas



Fotografía 32. Peso de muestras de acero limpiadas



Fotografía 33. Peso de acero para el inicio de su corrosión



Fotografía 34. Peso del acero al primer día de exposición a la corrosión



Fotografía 35. Corrosión del acero, día 1



Fotografía 36. Corrosión del acero, día 14



Fotografía 37. Corrosión del acero, día 21



Fotografía 38. Corrosión del acero, día 28



Fotografía 39. Corrosión del acero, día 35



Fotografía 40. Corrosión del acero, día 42



Fotografía 41. Ensayo de flexión para vigas con acero sin corrosión



Fotografía 42. Ensayo de flexión para vigas con acero con corrosión promedio



Fotografía 43. Ensayo de flexión en vigas con acero corroído máximo



Fotografía 44. Ensayo de compresión en cilindros de concreto



Fotografía 45. Ensayo de adherencia en dados de concreto con acero embebido



Fotografía 46. Medición de la deformación del acero después del ensayo de adherencia



Fotografía 47. Efecto del ensayo de adherencia para D1-SO



Fotografía 48. Efecto del ensayo de adherencia para D2-SO



Fotografía 49. Efecto del ensayo de adherencia para D3-SO



Fotografía 50. Efecto del ensayo de adherencia para D1-OP



Fotografía 51. Efecto del ensayo de adherencia para D2-OP



Fotografía 52. Efecto del ensayo de adherencia para D3-OP



Fotografía 53. Efecto del ensayo de adherencia para D1-OM



Fotografía 54. Efecto del ensayo de adherencia para D3-OM



Fotografía 55. Efecto del ensayo de adherencia para D4-OM



Fotografía 56. Efecto del ensayo de adherencia para D5-OM