

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Análisis de la adherencia de un mortero diseñado con cemento Qhuna y
adicionado con fibra de vidrio al 2% y 4%

Línea de Investigación

Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural

Sub línea de Investigación:

Estructuras y Materiales

AUTORES:

Ramírez Valdivieso, Jean Carlo

Rodríguez Vergara, Alexander Jesús

JURADO EVALUADOR

Presidente : Medina Carbajal, Lucio Sigifredo
Secretario : Henríquez Ulloa, Juan Paul Edward
Vocal : Gálvez Paredes, José Alcides

ASESOR:

Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de sustentación: 25/07/2023

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Análisis de la adherencia de un mortero diseñado con cemento Qhuna y
adicionado con fibra de vidrio al 2% y 4%

Línea de Investigación

Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural

Sub línea de Investigación:

Estructuras y Materiales

AUTORES:

Ramírez Valdivieso, Jean Carlo

Rodríguez Vergara, Alexander Jesús

Jurado Evaluador

Presidente : Medina Carbajal, Lucio Sigifredo
Secretario : Henríquez Ulloa, Juan Paul Edward
Vocal : Gálvez Paredes, José Alcides

ASESOR:

Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de sustentación: 25/07/2023

Análisis de la adherencia de un mortero diseñado con cemento Qhuna y adicionado con fibra de vidrio al 2% y 4%

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	1library.co Fuente de Internet	1%
6	www.elsevier.es Fuente de Internet	1%
7	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	1%

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%




ING. MERINO MARTINEZ MARCELO

Declaración de originalidad

Yo, Marcelo Edmundo Merino Martínez, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de Investigación titulada "Análisis de la adherencia de un mortero diseñado con cemento Qhuna y adicionado con fibra de vidrio al 2% y 4%", autores: Jean Carlo Ramírez Valdivieso y Alexander Jesus Rodríguez Vergara, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 10%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 12 de abril de 2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio. • La cita a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo-Perú 18 de Julio de 2023



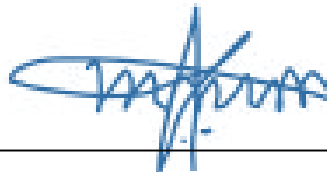
Ramírez Valdivieso, Jean Carlo

DNI: 47189188



Rodríguez Vergara, Alexander Jesus

DNI: 41356012



Merino Martínez Marcelo Edmundo

DNI: 17983739

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

DEDICATORIA

A Dios, por su infinito amor y bondad al regalarme la oportunidad de disfrutar de una vida llena de oportunidades y de personas que me aman y han impulsado mi desarrollo personal y profesional.

A mi madre, Elena Valdivieso, por ser el cimiento y principal motivación para la realización de cada una de mis metas; por ser ejemplo de honestidad y dedicación, principios que ha sabido inculcar en mí.

A mi padre, Miguel Ramírez, por su apoyo incondicional en cada una de las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida y darme esa fortaleza necesaria ante la adversidad.

A mis hermanas, Katerin y Emely, por ser mis cómplices de vida y respaldo absoluto; por su constante preocupación y cuidado.

A mis abuelos, Aguinaldo y Teodolinda, Leoncio y Rosa, por ser mi fuente de inspiración y por cada una de las enseñanzas brindadas, inculcándome una vida llena de amor a lado de Dios.

A mi esposa, Isabel Vásquez, por compartir alegrías y tristezas a mi lado; y en especial a mi hijo **Ian**, por ser el motivo de seguir adelante día a día y no rendirme, los amo familia.

Br. Ramírez Valdivieso Jean Carlo

DEDICATORIA

En primer lugar, me gustaría agradecer a Dios Todopoderoso por darme la oportunidad y la guía para lograr mi objetivo y tener éxito en esta parte de mi vida profesional.

Me gustaría agradecer a mis padres y hermana por su amor y apoyo incondicional. Sin ellos, este día no hubiera sido posible.

Br. Rodríguez Vergara Alexander Jesús

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, damos gracias a Dios por estar siempre con nosotros, dándonos la fuerza que necesitamos y estando siempre unidos para que esto suceda. En segundo lugar, nos gustaría agradecer a nuestros padres por su apoyo y buenos consejos para ayudarnos a llegar a la universidad, por su persistencia y arduo trabajo para convertirnos en profesionales, ya toda nuestra familia a través de estos procesos. Confía y apóyanos. 5 años de estudio para lograr tu objetivo. Finalmente, agradecemos a nuestro asesor, el Ing. Merino Martínez Marcelo Edmundo por su conocimiento y participación durante el desarrollo del periódico ya todos los involucrados.

Br. Ramírez Valdivieso, Jean Carlo

Br. Rodríguez Vergara, Alexander Jesús

RESUMEN

Como ya se sabe, desde algunos años la preocupación por el desperdicio de los materiales no renovables y de la contaminación en general ha ido en aumento exponencialmente, se busca innovar constantemente la utilización de los materiales y el mundo de la construcción no es una excepción. Ya sea vidrio, caucho, plástico, entre otros materiales, siempre se busca utilizarlos en los distintos procesos que conlleva realizar una obra de construcción.

Uno de los materiales de construcción con alta demanda en el mundo de la construcción es el mortero, debido a sus diversos usos constantemente se busca como mejorarlo, una de las formas es adicionando diversos aditivos, y una muy buena opción es utilizar recursos no renovables y darle un nuevo valor.

Para esta investigación nos centramos en el uso de fibra de vidrio al 2% y 4% con un diseño de mezcla al 1:3.42, y nos centramos en los ensayos de compresión y compresión diagonal, obteniendo resultados favorables y que nos dan ánimo a ofrecerlo como una opción productiva y eco-amigable.

Para poder llegar a estas conclusiones tuvimos que hacer los ensayos básicos de temperatura y asentamiento o slump, y los resultados se situaron entre los valores aceptables para estos. Seguimos con contracción plástica, en la cual se obtuvieron 6 fisuras adicionando un 0% de fibra de vidrio, 5 fisuras adicionando un 2% y 3 fisuras adicionando un 4%.

Los ensayos de la resistencia a la compresión también se alcanzaron resultados positivos, resaltando que al adicionar 4% de fibra de vidrio, a los 28 días se mejoró un 5% la resistencia. Y para la resistencia a la compresión diagonal, su promedio fue de 7.28 kg/cm² versus un 6.42 kg/cm² al no adicionar fibra de vidrio.

En conclusión, las muestras que tuvieron mejor respuesta fueron las que tenían 4% de adición de fibra de vidrio, se recomienda continuar con distintos ensayos, para observar y analizar su comportamiento.

Palabras Clave: Mortero, Adicionando, recurso no renovable, Fibra de vidrio, compresión

ABSTRACT

As it is already known, in recent years the concern about the waste of non-renewable materials and pollution in general has been increasing exponentially, the use of materials is constantly being innovated and the world of construction is no exception. Whether it is glass, rubber, plastic, among other materials, we are always looking to use them in the different processes involved in a construction project.

One of the construction materials with high demand in this world is mortar, due to its various purposes, we are constantly looking for ways to improve it, one of the ways is by adding various additives, and a very good option is to use non-renewable resources and give it a new value.

For this research we focused on the use of fiberglass at 2% and 4% with a mix design of 1:3.42, and we focused on compression and diagonal compression tests, obtaining favorable results that encourage us to offer it as a productive and eco-friendly option.

In order to reach these conclusions, we had to perform the basic temperature and slump tests, and the results were within the acceptable values for these. We continued with plastic shrinkage, in which 6 cracks were obtained by adding 0% glass fiber, 5 cracks by adding 2% and 3 cracks by adding 4%.

The compressive strength tests also showed positive results, highlighting that the addition of 4% fiberglass at 28 days improved the strength by 5%. And for diagonal compressive strength, its average was 7.28 kg/cm² versus 6.42 kg/cm² when glass fiber was not added.

In conclusion, the samples that had the best response were those with 4% glass fiber addition, it is recommended to continue with different tests to observe and analyze their behavior.

Keywords: Mortar, Adding, nonrenewable, Fiberglass, compression

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando fiel cumplimiento a los requerimientos y normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos proporcionados por la Facultad de Ingeniería de nuestra casa de estudios “Universidad Privada Antenor Orrego”, en mira a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil, ponemos a disposición la presente tesis titulada:

ANÁLISIS DE LA ADHERENCIA DE UN MORTERO DISEÑADO CON CEMENTO QHUNA Y ADICIONADO CON FIBRA DE VIDRIO AL 2% Y 4%.

El contenido de la presente tesis fue desarrollado en base a los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra formación académica, apoyándonos en libros, revistas y otras investigaciones de características similares, así como el asesoramiento del Ing. Marcelo Edmundo Merino Martínez.

Atentamente,

Br. Ramírez Valdivieso Jean Carlo

Br. Rodríguez Vergara Alexander Jesús

Trujillo, 29 de mayo del 2023

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
PRESENTACIÓN	ix
ÍNDICE	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de Investigación.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Justificación del estudio	2
II. MARCO DE REFERENCIA	3
2.1. Antecedentes del Estudio	3
2.2. Marco teórico	6
2.3. Marco Conceptual.....	12
2.4. Sistema de Hipótesis	13
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	15
3.1. Tipo y nivel de investigación	15
3.2. Población y muestra de estudio.....	15
3.3. Diseño de investigación	15
3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación	16

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos	16
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	24
4.1. Propuesta de investigación	24
4.2. Análisis e interpretación de resultados	24
4.3. Docimasia de hipótesis	57
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS	66
1. Instrumento de Recolección de datos.....	66
2. Tablas y fotos	70
3. Resolución de Decanato.....	85
4. Constancia de Institución.....	86
5. Constancia del Asesor	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>GRANULOMETRÍA APROPIADA DE ARENA GRUESA</i>	7
Tabla 2. <i>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE</i>	14
Tabla 3. <i>OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE</i>	14
Tabla 4 <i>REQUERIMIENTO DE GRANULOMETRÍA</i>	17
Tabla 5. <i>FICHA TÉCNICA DE CEMENTO QHUNA</i>	25
Tabla 6. <i>TABLA DE GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS</i>	26
Tabla 7. <i>CURVA GRANULOMÉTRICA</i>	27
Tabla 8. <i>CONTENIDO DE HUMEDAD</i>	29
Tabla 9. <i>CAPACIDAD DEL RECIPIENTE</i>	30
Tabla 10. <i>REQUISITOS PARA LOS RECIPIENTES</i>	31
Tabla 11 <i>PESO UNITARIO SUELTO</i>	32
Tabla 12 <i>PESO UNITARIO COMPACTADO</i>	32
Tabla 13. <i>DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO</i>	34
Tabla 14. <i>RESUMEN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO</i>	36
Tabla 15. <i>PROPORCIONES DE LA MEZCLA</i>	40
Tabla 16. <i>PORCENTAJE DE FIBRA DE VIDRIO</i>	41
Tabla 17 <i>KG DE FIBRA DE VIDRIO POR M³ DE MORTERO</i>	41
Tabla 18 <i>TEMPERATURA DE LAS MEZCLA</i>	42
Tabla 19 <i>ASENTAMIENTO DE LAS MEZCLAS</i>	45
Tabla 20 <i>VARIACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS</i>	45
Tabla 21 <i>NÚMERO DE MUESTRAS</i>	48
Tabla 22. <i>CONTRACCIÓN PLÁSTICA</i>	49
Tabla 23. <i>REDUCCIÓN DE ANCHO Y LONGITUD DE FISURAS</i>	50
Tabla 24. <i>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</i>	54
Tabla 25. <i>RESISTENCIA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO</i>	55
Tabla 26 <i>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL</i>	57
Tabla 27 <i>DOSIFICACIÓN DE MORTERO</i>	58
Tabla 28 <i>PROPIEDADES DEL AGREGADO</i>	60
Tabla 29 <i>TABLA RESUMEN</i>	61

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.....	17
Ecuación 2.....	18
Ecuación 3.....	18
Ecuación 4.....	19
Ecuación 5.....	19
Ecuación 6.....	21
Ecuación 7.....	21
Ecuación 8.....	21
Ecuación 9.....	21
Ecuación 10.....	22
Ecuación 11.....	22
Ecuación 12.....	22
Ecuación 13.....	34
Ecuación 14.....	34
Ecuación 15.....	35
Ecuación 16.....	35
Ecuación 17.....	39
Ecuación 18.....	39
Ecuación 19.....	40
Ecuación 20.....	40
Ecuación 21.....	40
Ecuación 22.....	47
Ecuación 23.....	50
Ecuación 24.....	53
Ecuación 25.....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. <i>CURVA GRANULOMÉTRICA</i>	28
Gráfico 2. <i>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CEMENTO MORTERO SECO</i>	37
Gráfico 3. <i>DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA - CEMENTO</i>	38
Gráfico 4 <i>TEMPERATURA DE LAS MEZCLA</i>	43
Gráfico 5 <i>ASENTAMIENTO DE LAS MEZCLAS</i>	46
Gráfico 6 <i>VARIACIÓN DEL ASENTAMIENTO</i>	46
Gráfico 7. <i>ANCHO DE FISURA</i>	51
Gráfico 8. <i>REDUCCIÓN DE ANCHO DE FISURAS</i>	51
Gráfico 9. <i>LONGITUD DE FISURA</i>	52
Gráfico 10. <i>REDUCCIÓN DE LONGITUD DE FISURAS</i>	52
Gráfico 11. <i>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</i>	54
Gráfico 12. <i>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</i>	59
Gráfico 13 <i>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN EL TIEMPO A LOS 7 DÍAS</i>	55
Gráfico 14. <i>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN EL TIEMPO A LOS 28 DÍAS</i>	56
Gráfico 15 <i>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL</i>	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. <i>UBICACIÓN DE LA MELLIZOS</i>	24
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>FORMATO PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</i>	66
Anexo 2 <i>FORMATO DE CONTENIDO DE HUMEDAD</i>	66
Anexo 3 <i>FORMATO PARA PESO UNITARIO</i>	67
Anexo 4 <i>FORMATO PARA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN</i>	67
Anexo 5 <i>FORMATO PARA ENSAYO DE TEMPERATURA</i>	68
Anexo 6 <i>FORMATO PARA ENSAYO DE ASENTAMIENTO</i>	68
Anexo 7 <i>FORMATO PARA ENSAYO DE COMPRESIÓN</i>	69
Anexo 8 <i>FORMATO PARA ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL</i>	69
Anexo 9.....	70
Anexo 10.....	71
Anexo 11.....	72
Anexo 12.....	72
Anexo 13.....	73
Anexo 14. <i>AGREGADO EN LOS TAMICES</i>	73
Anexo 15. <i>PESO DE LA MUESTRA</i>	74
Anexo 16. <i>CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE</i>	74
Anexo 17.....	75
Anexo 18. <i>LLENANDO RECIPIENTE</i>	75
Anexo 19. <i>MUESTRA EN ESTUFA</i>	76
Anexo 20. <i>PESAMOS AGUA + AGREGADO + PICNÓMETRO</i>	76
Anexo 21. <i>PESO MUESTRA SECA</i>	77
Anexo 22. <i>ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO A MEZCLA</i>	77
Anexo 23. <i>MORTERO EN ESTADO FRESCO</i>	78
Anexo 24. <i>LLENADO DE MEZCLA</i>	78
Anexo 25. <i>MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO</i>	79
Anexo 26. <i>PANEL RECTANGULAR</i>	79
Anexo 27. <i>PROBETA PATRÓN</i>	80

Anexo 28. <i>FORMANDO CUBITOS DE MORTERO</i>	80
Anexo 29. <i>CUBOS DE MORTERO DE 50 x 50 cm</i>	81
Anexo 30. <i>ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN</i>	81
Anexo 31. <i>PREPARACIÓN DEL MORTERO</i>	82
Anexo 32.	82
Anexo 33.	83
Anexo 34.	83
Anexo 35.	84
Anexo 36.	84
Anexo 37.	85
Anexo 38.	86
Anexo 39.	87
Anexo 40.	88

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de Investigación

Debido a distintos acontecimientos, el material procesado conocido como vidrio ha tomado un gran valor en la industria mundial, siendo este un producto que se industrializa a nivel mundial trae consigo una gran cantidad de contaminación debido a la fragilidad que tiene el vidrio a fracturarse; sin embargo el vidrio ha logrado conseguir un valor intrínseco debido a su maleabilidad y capacidad de reutilización, siendo la poca inversión en los procesos que se necesitan para la reutilización su mayor atractivo, dado que el costo de dichos procesos son económicamente rentables.

Gracias a la revista Len de España se conoce que el porcentaje de vidrio que está en 1m³ de basura es aproximadamente el 7%. El vidrio en sus distintas presentaciones es reusable y solo se necesita generar conciencia de reciclaje para lograr una factibilidad en el uso del vidrio en el sector construcción, el sistema de selección y reciclaje es empleado en distintos países generando una gran cantidad de vidrio reciclado que puede ser transformado y/o reutilizado.

Teniendo en cuenta que el vidrio es un material empleado en el ámbito de construcción, específicamente en el área de acabados se logró denotar las propiedades particulares de este las cuales no se ven afectadas por la reutilización; con lo descrito se busca que el desperdicio de dicho material sea mínimo al introducirlo en los diseños de mezcla de los morteros.

Como es de conocimiento el vidrio es un material contaminante para el medio ambiente y perjudicial para el ser humano, así mismo cuenta con propiedades que pueden ser aprovechadas por el sector construcción, dichas propiedades pueden ser la impermeabilidad y resistencia. En busca de darle un uso adecuado al % de desperdicio de vidrio se propone que este sea convertido en polvo por empresas recicladoras de Trujillo y con ello poder ser adicionado en distintos porcentajes a los diseños de mezcla de morteros convencionales. La utilización de este mortero adicionado con polvo de vidrio podrá ser en la reparación de muros galerías pantallas de cimentación, mampostería etc. Al realizar el diseño de mezcla con

adición de polvo de vidrio se logrará generar un cambio en el uso que comúnmente se le da al vidrio en nuestra provincia, la ciudad de Trujillo.

1.1.1. Enunciado de problema:

¿Qué efectos causa la adherencia de un mortero diseñado con cemento Qhuna y adicionado con fibra de vidrio al 2% y 4%?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General:

Analizar la adherencia de un mortero diseñado con cemento Qhuna y adicionado con 2% y 4% de fibra de vidrio.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Determinar la dosificación adecuada para el mortero a diseñar.
- Determinar el diseño de mezcla con y sin adición de fibra de vidrio al 2% y 4%.
- Analiza la variación de las propiedades físicas del mortero con la adición de fibra de vidrio al 2% y 4%.
- Analizar los resultados de los distintos diseños de mezcla con adición de fibra de virio al 2% y 4%.

1.3. Justificación del estudio

La justificación del presente estudio da inicio en la problemática recurrente del precario aprovechamiento de residuos que son contaminante para el medio ambiente como lo es el vidrio que cuenta con propiedades aprovechables por el sector construcción. En este marco resulta de especial interés dar a conocer, evaluar y analizar técnicamente la adherencia del mortero en los métodos constructivos adecuados que también vayan de acuerdo al costo y facilidad de proceso además de las características de los materiales utilizados por estos sistemas constructivos.

Asimismo, se justifica metodológicamente dado que los resultados provenientes de esta investigación servirán como guía para futuros estudios relacionados aportando mayor información al sistema constructivo.

También se justifica de manera social porque proporcionar una fuente de consulta para los profesionales del campo de la ingeniería civil dando paso a la tecnología y aprovechamiento de materiales no convencionales y demás interesados en la materia.

Se justifica de manera económica puesto que el mortero de albañilería es uno de los materiales más habituales y costosa en el desarrollo de la construcción es por ello que a través del aprovechamiento de residuos como el vidrio sirve para sustituir diferentes porcentajes de árido generando el beneficio de menor gasto a comparación de los aditivos convencionales.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del Estudio

2.2.1. Internacionales

Flores A., Jiménez V. y Pérez A. (2018) en la investigación para el boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio, denominada "The influence of the incorporation of crushed glass on the properties and high temperature behaviour of cement mortars" evalúa la incorporación de residuos de construcción y/o demolición triturados a morteros de cemento que tiene como objetivo conseguir un balance medioambiental positivo, de tal manera que la industria de la construcción asuma residuos de diverso origen. Asimismo, la incorporación de residuos de vidrio a los morteros de cemento se estudia con el fin de conocer su comportamiento como sustituto del árido y la capacidad de modificar las propiedades del producto final. Para esa investigación se basaron en el análisis de las modificaciones que produce en un mortero de referencia 1:3 (cemento/arena) una sustitución parcial de la arena por vidrio doméstico triturado, en proporciones de un 25 y un 50% en peso. Los resultados han puesto de manifiesto sensibles diferencias en las muestras, que se reflejan en un mejor comportamiento para los materiales que incorporaban fracciones de vidrio en su composición.

Hadhood, A., Mohamed, H., Benmokrane, B., Nanni, A. y Shield, C. (2019) en la investigación para el international concrete abstracts portal que tiene por nombre “Assessment of Design Guidelines of Concrete Columns Reinforced with Glass Fiber-Reinforced Polymer Bars” tiene por objetivo principal proporcionar un conjunto de recomendaciones y disposiciones basadas en proveer investigaciones analíticas, así como conocimientos previos sobre columnas de concreto reforzado con acero y las correlaciones con resultados experimentales de diversos estudios de columnas GFRP-RC. Se inició en la base de datos de un valor de 144 experimentos donde los resultados serán analizados y deportarnos. Se obtuvo como resultado una expresión modificada para E_{eff} al nivel de carga factorizada con una relación de resistencia experimental a diseño que llegó a variar entre 1.43 a 2.09 teniendo como aporte general el realizar investigaciones analíticas que nos permita analizar el comportamiento en flexión de viga con barras de polímeros reforzados para incentivar posibles soluciones ante la constante investigación don diferentes tipos de problemáticas.

2.2.2. Nacionales

Gálvez, R. (2023) realizó la tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil denominada “Análisis del comportamiento en flexión de vigas de sección no rectangular y de alma delgada reforzadas longitudinalmente con barras de polímeros reforzados con fibra de vidrio (GFRP)” que tiene como finalidad aportar de manera completa el entendimiento del comportamiento a flexión de vigas con sección no rectangular de alma delgada reforzadas con barras de polímeros reforzados con fibra de vidrio (GFRP), para la realización se incluyó un estado actual sobre el comportamiento de los FRP, así mismo, se detalló los criterios de cálculo de resistencia por flexión y cortante que brinda el American Concrete Institute para el concreto reforzado con barras de GFRP. Todos los criterios que se tomaron en cuenta tienen un fundamento principal que es el estudio de vigas de sección rectangular constante. Ahora bien, los resultados obtenidos fueron comparados para comprender el comportamiento existente de vigas de sección no rectangular de alma donde se obtuvo que las expresiones planteadas en la Guía ACI 440.1R y en el Código ACI 440.11 minimizan los resultados de resistencia al cortante del concreto y así como también, minimizan las deflexiones desarrolladas para las vigas de sección no rectangular de alma delgada, sin embargo, las

deflexiones los valores estimados con los documentos ACI serían inadecuados dado que no permitirían prevenir las excesivas deflexiones que afectarían la serviciabilidad de la estructura. El aporte es incentivar a futuras líneas de investigación estudiar el mismo caso de dicha tesis considerando una mayor esbeltez para conseguir vigas largas y así, evaluar el verdadero aporte del GFRP como refuerzo por flexión.

Chea, F. (2023) en la tesis denominada “Estudio de la fibra de ichu incorporada como aislante térmico a un sistema de construcción en seco para su uso en envolventes de viviendas rurales ubicadas en zonas climáticas frías del Perú” tiene como finalidad incorporar la fibra natural de Ichu como aislante térmico en el sistema de construcción en seco (drywall) donde se recopilará los datos sobre la conductividad térmica de un emparedado de fibrocemento con conglomerado de Ichu y además los compara con los obtenidos paralelamente de muestras con otro aislante térmico para la obtención de resultados relativos, junto a ello, el objetivo es recomendar un sistema estandarizado que permita incorporar recursos naturales donde el procedimiento se planificó mediante ensayos con un equipo de placa caliente que determinó la cualidad de aislante térmico del material compuesto por fibrocemento y conglomerado de fibra de ichu. Los resultados obtenidos surgieron en base a una equivalencia funcional al igualar sus resistencias térmicas a través de la variación del espesor del relleno, también basado en la correlación teórica producto de la aplicación de la ecuación de conductividad térmica de la ley Fourier el cual, dicho informe de investigación tuvo un aporte sobre evaluar y concientizar los aspectos de impacto ambiental, eficiencia energética y costos económicos que favorecieron a la propuesta con Ichu.

2.2.3. Locales

Chávez (2019) en la investigación “Efecto de los residuos sólidos provenientes de la construcción en la elaboración de mortero, Trujillo, La Libertad, 2019” indagó sobre el efecto de los residuos sólidos provenientes de la construcción en la elaboración de un mortero compuesto por cemento, arena gruesa y agua. Se utilizaron distintas proporciones de residuos sólidos, las cuales fueron: 25%, 50%, 75% y 100%. Todos los ensayos están basados en normativa peruana (Norma Técnica Peruana) y en normativa internacional (American Society for Testing and

Materials). Se realizaron cubos de morteros para ser utilizados en ensayo de resistencia a la compresión y otros para sortividad y ante ello, en consecuencia, se pudo comprobar que la proporción de 25% de residuos sólidos es óptimo para ser utilizado como aditivo en la elaboración de mortero debido a que genera mayor resistencia a la compresión con una baja sortividad. Con los resultados de dichos alcances, se genera un precedente para la investigación a realizar incorporando parámetros nuevos de evaluación.

Díaz L. (2018) con la investigación “Influencia del mármol reciclado sobre la fluidez, reactividad, densidad y compresión, en morteros ecológicos, Trujillo 2018” analizó las propiedades físicas y mecánicas de un mortero a la edad de 3, 7 y 28 días empleando mármol como adición del cemento tipo I con el objetivo de crear mejoras en sus propiedades determinando así la influencia del este material todo bajo la aplicación de las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y de la Asociación Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). Para fines comparativos se evalúa también un mortero empleando arena de Ottawa y del mármol, tales como porcentaje de humedad, granulometría, índice de actividad puzolánica, reactividad y compresión, entre otros. Se elaboraron un total de 168 muestras donde se determinó el diseño óptimo se dio con el porcentaje de sustitución al 20% de mármol reciclado. En el ensayo de reactividad mientras mayor porcentaje de mármol se sustituye por cemento, su expansión es menor. Este proyecto representa un precedente en la viabilización de materiales reciclados en morteros para reducir los desechos aglomerados que perjudican la salud y el medio ambiente.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Mortero

2.2.1.1. Componentes del Mortero. La composición del mortero es la mezcla de los siguientes materiales:

Materiales aglomerantes. Son aquellos que otorgarán la cohesión a la mezcla fraguando en primera instancia y endureciendo luego de un determinado tiempo. El Reglamento Nacional de Edificaciones E070 (2006) establece el cemento portland tipo I y II, cemento adicionado IP, así como la cal pueden emplearse en la preparación del mortero.

Se podrá emplear entonces cemento tipo I de uso general y tipo II la cual para moderar el calor de hidratación y la acción de los sulfatos. Villalobos (2020) señala que tales usos responden al hecho de que el mortero no estará en contacto con el suelo por lo tanto no se requerirá una alta resistencia a los sulfatos ni de una alta resistencia inicial dada la función que cumplirá por lo cual se descartan los otros tipos de cemento.

Asimismo, se considera el posible uso de cementos con puzolana la cual actúa como aglomerante al mezclarse con el agua otorgando mejores propiedades al mortero y otros cementos adicionados los cuales podrán incorporar el factor ecológico dado que se emplea menos compuestos fabricados industrialmente reemplazándolos por elementos naturales. Por otro lado, el uso de la cal permitirá una mayor retención del agua facilitando así el proceso de fraguado.

Agregado fino. El Reglamento Nacional de Edificaciones E070 (2006) contempla el uso de arena gruesa sin presencia de materia orgánica ni sales. Asimismo, los parámetros granulométricos señalados en la siguiente tabla.

Tabla 1

GRANULOMETRÍA APROPIADA DE ARENA GRUESA

MALLA ASTM	% QUE PASA
N°4	100
N°8	95 a 100
N°16	70 a 100
N°30	40 a 75
N°50	10 a 35
N°100	2 a 15
N°200	Menos de 2

Se tendrá en cuenta según los resultados obtenidos en la granulometría que la suma máxima del porcentaje retenido de arena entre dos tamices continuos será el 50%, el índice de finura o MF se encontrará en el rango 1,6 y 2,5 y el peso de partículas quebradizas no excederá el 1%.

Agua. El Reglamento Nacional de Edificaciones E070 (2006) establece que el agua a emplear no contendrá componentes nocivos para el concreto, la cual será la misma empleada para el consumo humano suministrada por la empresa prestadora del servicio. Se tomará en cuenta dichas consideraciones puesto que tales sustancias pueden generar daños para el mortero afectando sus propiedades tanto físicas como mecánicas.

2.2.1.2. Dosificación del mortero. Las proporciones de los distintos materiales que conforman el mortero deben asegurar el desempeño óptimo de este para permitir que el elemento constructivo en el cual será empleado, se comporte y resista las sollicitaciones a las que será sometido.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones E070 (2006) se señalan dosificaciones admitidas según el tipo de muro: para muros portantes se recomienda una proporción de sus componentes Cemento:Arena:Cal de 1:3 a 3 1/2:0 a 1/4 catalogado como P1, 1:4 a 5:0 a 1/2 para P2 y para muros no portantes NP se 1:Max.6.

2.2.1.3. Clasificación de morteros. La clasificación de morteros depende de los fines por el cual entrarán trabajados como los puntos denotados a continuación:

Según fines estructurales. El Reglamento Nacional de Edificaciones E070 (2006) clasifica a los morteros teniendo en cuenta la función de los muros en los cuales será aplicado:

- **Tipo P.** Tipo de mortero empleado para la unión de unidades de albañilería en muros portantes, en otros términos, aquellos que soportarán cargas de la edificación.
- **Tipo NP.** Tipo de mortero empleado en muros no portantes, es decir en los muros que no mantendrán como función soportar las cargas de la edificación tales como tabiques o muros de arriostre.

Según su composición.

- **Mortero tradicional.** Es considerado aquel que emplee la composición tradicional indicada por la norma en El Reglamento Nacional de Edificaciones E070.

- **Mortero con aditivos o adiciones.** Es una variación del mortero tradicional con la incorporación de ciertos tipos de aditivos o adiciones naturales para optimizar las propiedades del mortero. El Reglamento Nacional de Edificaciones E070 puede considerar su uso previa evaluación del mortero.
- **Mortero reciclado.** Se considera como un mortero reciclado aquel en el que se emplean residuos de construcción como vidrio, desechos industriales, entre otros. Dichos morteros deberán pasar por una previa evaluación que garantice el cumplimiento de los parámetros decretados para corroborar su calidad.

2.2.2. Normativas de ensayo

NTP 400.037 (2018). Establece los requisitos que deben cumplir los agregados al ser utilizados para la elaboración de concreto y especifica los ensayos obligatorios que son destinados para la recepción y control.

NTP 334.006 (2013). Se utilizará la aguja de Vicat para la determinación del tiempo de fraguado del cemento Hidráulico.

El presente ensayo busca dar a conocer cuál es la relación agua cemento más óptima con la cual se podrá obtener una consistencia de pasta y mortero aceptable, dicha aceptabilidad nos indica la norma NTP 334.006 que debe estar entre los rangos de 1 cm o menos con respecto a la penetración de la aguja en la pasta y mortero.

NTP 334.051 (2006). Es aplicada para tomar la determinación de la resistencia a la compresión de cemento Pórtland entre otros morteros, los resultados serán utilizados para comprobar la ejecución de los requisitos.

Para determinar la resistencia a la compresión de las muestras (cubos) de 5 cm. es necesario hacer el vaciado en dos fases siendo una de las primeras el de hacer un compactado por capa, solo se usarán dos capas y luego serán dejadas en reposo por 24 horas para luego ser retiradas en ese momento se pasará a la segunda fase la cual constará de retirar las muestras de los moldes para luego ser llevadas a la poza de curado, por el tiempo necesario siendo 28 días como máximo.

NTP 334.120 (2016). Mediante el método de ensayo de Resistencia a la Flexión de Morteros con cemento Portland se busca determinar la resistencia a la flexión de morteros

de cemento hidráulico. Los valores establecidos a través de este método serán para propósitos de investigación.

Moldes Cúbicos de 50 mm. Es preciso contar con moldes cúbicos y/o moldes rectangulares que tengan como máximo tres compartimentos cúbicos, ni menor a dos elementos cúbicos. Los moldes deberán contar con accesorios los cuales aseguren una unión rígida y perfecta; así también deberán estar hechos de acero o de material similar el cual no se vea afectado por las mezclas de cemento y mortero, no deberán producir ninguna alteración en las muestras tales como el ensanchamiento pandeos entre otras. La parte interna de los moldes deberán ser lisas.

Moldes para Vigas. El material a utilizar será de metal, el cual no sea afectado por los morteros de cemento y el espesor del molde tendrá un aproximado de 5 mm el cual evite cualquier deformación al momento de que se realice el vaciado de la muestra.

Máquina de Ensayo. Sera aceptable usar una prensa de tornillo (mecánica) o hidráulica, la distancia entre los apoyos fijos no será menor al 70% de la longitud de la muestra, para con ello poder facilitar la colocación de la muestra y los accesorios de deformación. La carga aplicada a la muestra tendrá una exactitud de $\pm 1,0\%$. En la parte superior tendremos una celda de carga la cual nos dará el registro del esfuerzo máximo empleado para el módulo de rotura, contará con superficie circular plana la cual está conectada a la celda de carga y será completamente rígida evitando cualquier inclinación. La diagonal de la muestra deberá ser menor al diámetro de la superficie de apoyo, para así facilitar su centrado. En la parte inferior se colocará una base circular lisa la cual estará conectada a la celda de deformación u variación de dimensiones de la muestra. Las superficies en las cuales será colocada las muestras deberán ser planas y con variación permisible de 0,025mm para bloques en uso y 0,013 m para bloques nuevos.

Dispositivo de accesorios y flexión. Para la prueba de flexión, los dispositivos serán diseñados de modo que cumplan con los requisitos mencionados a continuación:

- Durante el ensayo a realizarse, las direcciones de las reacciones deben ser paralelas a la carga aplicada.
- La carga estará administrada a velocidad uniforme y evitando generar impacto.
- Para no producir excentricidades, la carga será aplicada normal a la superficie de la muestra.
- Las distancias entre los puntos de aplicación de la carga y de apoyo, permanecerán ininterrumpidos.

Varillas de compactación. Las varillas estarán en función al método a realizar. El material del cual está hecho es acero, con una terminación en punta semiesférica del mismo diámetro que la varilla y de sección circular recta.

- Varilla de compactación corta: tendrá un diámetro de 10 mm (3/8 pulg) y 300 mm (12 pulg).
- Martillo con mango de madera y cabezal de goma, tendrá un peso de 600gr+200g

Vibradores externos. Contará con una frecuencia no menor a 7000 ciclos o vibraciones por minuto (115 Hz), será cuando se esté operando con la pasta y el mortero a ensayar. Las dimensiones tales como el diámetro de sección circular no serán mayor al ancho de los moldes cúbicos a utilizar.

Recipiente de muestreo y mezclado. Los recipientes deberán contar con un fondo plano, impermeables y de material metálico grueso, con la finalidad de brindar estabilidad al momento de realizar las mezclas, por lo cual también se tendrá en cuenta que sean de tamaño adecuado para el volumen de mezcla, complementariamente se contará con un cucharón metálico para realizar el mezclado de materiales.

Balanzas. Deberán tener una capacidad máxima de 20 kg y una exactitud de 0.01 g.

Termómetros para medir la T° del concreto. Deberán tener una longitud de 3 pulg y una capacidad de resistencia de hasta 50°C con una exactitud de 0.5 +-°C.

Mezcladora de Mortero. Según lo especifica la Norma en el MTC E 61 se utilizará una máquina de mezclar con paleta giratoria con la cual obtendremos una mezcla correcta y consistencia en el volumen deseado.

Vidrio. Por lo general se encuentra en la naturaleza, no obstante, también puede ser elaborado por el ser humano. Es de material inorgánico duro, disforme y transparente.

2.3. Marco Conceptual

El agua de amasado. El agua es elemento fundamental en donde la preparación del mortero dado que participa en las reacciones de hidratación del cemento, también aporta con trabajabilidad necesaria.

Agua de curado. Según la NTP 399.607 (2018) la cantidad de agua que requiere el mortero por unidad de volumen para que se hidraten las partículas del cemento y para proporcionar las condiciones de manejabilidad adecuada que permitan la aplicación.

Mortero. Estará constituido por una mezcla de agregados finos y aglomerantes a los cuales se adicionará la máxima cantidad de agua que genere una mezcla adhesiva, trabajable y sin segregación del agregado. Para obras de albañilería, el mortero se elaborará considerando los parámetros de la NTP 399.610 y 399.607.

Arena. Es llamada de esta manera a la arena gruesa que muestra granos resistentes y lustrosos. El porcentaje retenido permisible entre dos mallas continuas no será mayor al 50% del total de la muestra a ensayar.

Cemento Qhuna. Dispone baja reactividad con agregados alcali-reactivo, moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación, todos estos parámetros se cumplirán bajo las normas de la ASTM C-595 y NTP334.090. Adicionalmente nos brinda una adición de microfiller calizo, complementado por una molienda extrafina, mejoran las propiedades físicas del cemento obteniendo una mezcla más compactada, con menos porosidades y con mayor adherencia.

Trabajabilidad. Según Abanto (2009) representa la practicidad y la facilitación de las distintas actividades del proceso constructivo para la colocación

del concreto en los diferentes elementos que pueda ser empleado, y que a su vez permita una terminación sin segregar el material o presente alto nivel de exudación.

Dosificación. La dosificación conlleva establecer las proporciones convenientes de los materiales que componen el hormigón, con la intención de obtener la resistencia y durabilidad requerida (ACI 211.1).

Granulometría. Ensayo realizado a suelos que permiten identificar las dimensiones de las partículas del suelo de excavaciones, así como obtener ciertos parámetros que nos faciliten caracterizarlo (NTP 400.012).

Resistencia a la compresión. Para este punto, Abanto (2009) nos explica que esta característica a determinar representa la carga última que puede soportar el concreto con respecto a su área de contacto antes que se produzca una falla que se podrá visualizar por el agrietamiento de la muestra, desprendimientos o rotura.

Consistencia. Según Abanto (2009) esta propiedad representa nivel de humedad que pueda contener el concreto y será influenciada, de modo significativo, el volumen de agua empleado.

2.4. Sistema de Hipótesis

La adición de vidrio del 2% al 4% aumentaría la adherencia del mortero diseñado con cemento Qhuna.

2.4.1. Variables. Operacionalización de la variable

Variable Independiente: Fibra de Vidrio al 2% y 4%.

Variable Dependiente. Mejoramiento de la productividad.

En las siguientes tablas podemos observar la operacionalización tanto de la variable independiente como de la dependiente:

Tabla 2*OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE*

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
Fibra de Vidrio	Compresión	Compresora	Kg/cm ²	Formato
		Aguja de vikat	t/mm	

Tabla 3*OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE*

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
Adherencia del mortero	Adherencia	Expansión	m ² /MO	Formato
		Marco de Carga	Kg/cm ²	

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

De acuerdo a la orientación o finalidad. Aplicada

De acuerdo a la técnica de contrastación. Experimental

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

Se conforma por el cemento Qhuna y los residuos de fibra de vidrio obtenidos de la planta de Trujillo – La Libertad.

3.2.2. Muestra

Los datos alcanzados serán comparados con los espectros analizados en el ensayo, de tal forma que se determinó tener un total de 66 ensayos.

3.3. Diseño de investigación

Para la presente investigación, nuestro diseño es de tipo experimental, debido a que nos basamos en un mortero con distintos porcentajes de fibra de vidrio, lo cual nos permitirá mejorar las propiedades físicas del mortero y aumentar su adherencia; para esto se analizará el comportamiento de la variable en investigación dentro de una serie de pruebas en series de ensayo y error.

Usaremos como guía las normas ACI, NTP y la E.0.70. Analizaremos si los resultados están dentro de los límites permitidos y así podremos indicar si la hipótesis que se planteó al inicio es válida.

Por último, esta investigación se llevará a cabo en campo y en gabinete, puesto que para obtener esta información usaremos de forma directa los datos obtenidos en el laboratorio y así podremos determinar el aumento de adherencia del mortero y lograr un óptimo diseño.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación

Tendremos que contar con los resultados de las propiedades del agregado fino, agua y cemento, materiales necesarios en estado óptimos para realizar las mezclas y con ello poder obtener unas muestras aceptables para la realización de los ensayos a compresión y de elasticidad. Debemos precisar:

- La resistencia a compresión ($f'c$) Kg/cm²
- Determinar la adherencia del mortero

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

3.5.1. Recopilación de datos

Para realizar el procesamiento y análisis de los datos recolectados será necesario realizar un cálculo de los datos obtenidos de los distintos diseños de mezcla por lo cual usaremos los siguientes programas:

- Microsoft Excel: herramienta para procesar los datos obtenidos
- Word: Para la redacción de la presente tesis

3.5.2. Ensayo de análisis granulométrico

Para este ensayo usamos la NTP 400.012, la cual establece el método para poder determinar la distribución de las partículas del agregado fino, grueso y global por tamaño usando los tamices correspondientes, para este proyecto solo usaremos agregado fino, debido a que es un diseño de mortero.

En resumen, en este método se utiliza una muestra de agregado fino, previamente preparada en el horno, de la cual sepamos su masa, después de esto la separamos a través de diferentes tamices para poder determinar la distribución del tamaño de las partículas.

Finalmente, en la NTP 400.037 se establece el requerimiento de la granulometría para el agregado fino, el cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4**REQUERIMIENTO DE GRANULOMETRÍA**

TAMIZ		LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
pulg.	mm.		
3/8"	9.52	100	100
N° 4	4.75	95	100
N° 8	2.36	80	100
N° 16	1.18	50	85
N° 30	0.60	22	60
N° 50	0.30	5	30
N° 100	0.15	0	10

Esta norma también establece que en ninguna malla debe pasar más del 45% de nuestro agregado fino y que se retenga en la siguiente malla. Y el módulo de fineza debe de estar entre los valores de 2.3 y 3.1, el cual lo podremos obtener de la siguiente ecuación:

Ecuación 1

$$M_f = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado en las mallas } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50, 100}{100}$$

3.5.3. Contenido de Humedad

La NTP 339.185 nos dicta el proceso que se debe de seguir para hallar el porcentaje total de humedad evaporable en determinada muestra de agregado fino a través del secado. Esta humedad mencionada incluye la humedad superficial y la que está contenida en los poros del agregado, pero se debe de tener en cuenta que no incluye el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados, el cual no es susceptible a la evaporación, por esta razón no está incluida en el porcentaje determinado a través de este método.

En resumen, este método trata de comparar las muestras secas y secadas en el horno, al finalizar usamos la siguiente fórmula para hallar el porcentaje de contenido de humedad que la muestra posee.

Ecuación 2

$$P = \frac{100 \times (W - D)}{D}$$

Donde:

P = Contenido total de humedad

W = Peso de la muestra húmeda

D = Peso de la muestra seca

3.5.4. Peso unitario seco y compactado

El objetivo de este método consiste en establecer la densidad de masa, es decir el peso unitario, del agregado en estado suelto o compactado, calculando los vacíos entre las partículas del agregado a estudiar.

Usamos este método para calcular los valores de densidad de masa necesarios para los diseños de mezcla de concreto.

En cuanto a la elección del procedimiento a llevar a cabo, nos guiamos de la NTP 400.017, la cual nos indica que, para hallar la densidad de la masa suelta, utilizaremos el método de paleo cuando, solo cuando se la requiera. Y para hallar la densidad de masa compactada, para agregados cuyo máximo tamaño nominal es de 37.5 mm se debe elegir el método de compactación por apisonado y cuando el tamaño nominal del agregado sea mayor, pero que no excedan los 125 m., utilizaremos el método de percusión.

Para hallar la densidad de masa usando cualquiera de los métodos ya mencionados usaremos la siguiente fórmula tal como nos indica la NTP 400.017:

Ecuación 3

$$M = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado

G = Peso del recipiente de medida más el agregado

T = Peso del recipiente de medida

V = Volumen de la medida

Esta densidad de masa hallada es para un agregado que se halla sido secada en estufa; si la densidad de masa se requiere en condición Saturada con Superficie Seca (sss), se debe usar el procedimiento exacto para este método y calcular la densidad de masa con condición (M_{sss}) en la siguiente fórmula:

Ecuación 4

$$M_{sss} = M \times \left(1 + \frac{A}{100}\right)$$

Donde:

M_{sss} = Densidad de masa en condición SSD, kg/m³

A = Porcentaje de absorción

Por último, si se requiere hallar el contenido de vacíos en el agregado utilizar la siguiente fórmula:

Ecuación 5

$$\% \text{ Vacíos} = 100 \times \left[\frac{(S \times W) - M}{S \times W} \right]$$

Donde:

M = Densidad de masa del agregado, kg/m³

S = Gravedad específica de masa

W = Densidad del agua, 998 kg/m³

3.5.5. Densidad y absorción del agregado fino

Para este ensayo nos guiaremos de la NTP 400.022, cuyo objetivo principal es determinar la densidad relativa o gravedad específica, la densidad promedio de partículas de agregado fino sin incluir los orificios que existen entre las partículas y la absorción del agregado fino de una porción esencialmente sólida que contenga un gran número de partículas de agregado para poder proporcionar un valor promedio que sirva como representante de la muestra.

La gravedad específica o densidad relativa es una característica que se utiliza usualmente para poder determinar el volumen que el agregado fino ocupa en diversas mezclas sobre una base de volumen absoluto. También la necesitamos cuando queremos hallar el número de vacíos entre partículas o la humedad superficial por desplazamiento de agua del agregado fino. Debemos de tener en cuenta que tenemos dos tipos la densidad relativa (SSD) que usamos cuando nuestro agregado se encuentra húmedo y la densidad relativa (OD) que utilizamos cuando el agregado se encuentra seco o lo suponemos.

Luego, tenemos la densidad aparente y la densidad relativa aparente, también llamada gravedad específica aparente, apuntan al material sólido de la muestra, no se incluye el espacio de los vacíos de poros dentro de estas partículas donde el agua pueda penetrar.

Por último, la absorción se utiliza para calcular el cambio que produce el agua absorbida en los espacios de los poros de la masa de un agregado, comparándola con su estado seco, aquí se considera que el agregado estuvo en contacto con el agua suficiente tiempo como para cumplir con el mayor potencial de absorción.

Existen dos procedimientos para este método, el procedimiento volumétrico, el cual usa el frasco Le Chatelier y el gravimétrico, el cual usa el picnómetro, para este proyecto de investigación hemos considerado usar el procedimiento gravimétrico, y usamos las siguientes ecuaciones:

3.5.5.1. Densidad relativa

Densidad relativa seca al horno. Para el desarrollo de la densidad antes mencionada se realizará la Ecuación 6.

Ecuación 6

$$Densidad (OD) = \frac{A}{B + S - C}$$

Densidad relativa saturado superficialmente seca. Para el desarrollo de la densidad antes mencionada se realizará la Ecuación 7.

Ecuación 7

$$Densidad\ relativa\ (SSD) = \frac{S}{B + S - C}$$

Densidad relativa aparente. Para el desarrollo de la densidad antes mencionada se realizará la Ecuación 8.

Ecuación 8

$$Densidad\ relativa\ aparente = \frac{A}{B + A - C}$$

3.5.5.2. Densidad

Densidad de la masa secada al horno. Para el desarrollo de la densidad antes mencionada se realizará la Ecuación 9.

Ecuación 9

$$Densidad (OD) = 997.5 \times \left(\frac{A}{B + S - C} \right)$$

Densidad saturada superficialmente seca. Para el desarrollo de la densidad antes mencionada se realizará la Ecuación 10.

Ecuación 10

$$\text{Densidad (SSD)} = 997.5 \times \left(\frac{S}{B + S - C} \right)$$

Densidad aparente. Para el desarrollo de la densidad antes mencionada se realizará la Ecuación 11.

Ecuación 11

$$\text{Densidad aparente (SSD)} = 997.5 \times \left(\frac{A}{B + A - C} \right)$$

3.5.5.3. Absorción**Ecuación 12**

$$\text{Absorción} = 100 \times \left(\frac{S - A}{A} \right)$$

Donde:

A = Masa de la muestra seca al horno.

B = Masa del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración.

C = Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración.

S = Masa de la muestra de saturado superficialmente seca

3.5.6. Diseño de mezcla de mortero más aditivo

Utilizando los resultados que se calcularon de los ensayos físicos a los agregados, tales como granulometría, los pesos unitarios y específicos, porcentajes de humedad y absorción, podemos proceder a determinar el diseño de mezcla, teniendo en cuenta la adición de fibra de fibra de vidrio como aditivo, este diseño debe situarse entre los parámetros que la norma peruana exige.

Para este proyecto trabajaremos con concentraciones del 0%, 2% y 4% de fibra de vidrio como aditivo para mortero. Nuestra muestra patrón es la de 0%.

3.5.7. Mortero en estado fresco

Ensayo de temperatura. Para poder hallar la temperatura en estado fresco de nuestro diseño de mortero nos guiaremos de la NTP 339.184.

Ensayo de asentamiento. También conocido como slump, trabajaremos con la NTP 339.035 y solo es aplicable para concretos plásticos que tienen agregados cuyo tamaño nominal es menor de 37.5 mm.

3.5.8. Ensayo de fisuras por contracción plástica

Este ensayo determina la probabilidad de que el mortero se agriete determinando el patrón de tiempo versus longitud a partir de la presencia de grietas y la longitud de la grieta lograda en un período de tiempo determinado.

3.5.9. Mortero en estado endurecido

Resistencia a la compresión. Para este ensayo nos basaremos de la NTP 334.051, debido a que su procedimiento y variables ya están previamente establecidas y aprobadas.

3.5.10. Unidades de albañilería

Compresión diagonal. Para este ensayo nos basaremos de la NTP 399.621, debido a que su procedimiento y variables ya están previamente establecidas y aprobadas.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propuesta de investigación

En este estudio se tomaron como lineamientos las normas técnicas nacionales e internacionales para asegurar que nuestro diseño tenga una base sólida para futuras investigaciones o aplicaciones. Para nuestro diseño de mezclas nos guiaremos del ACI y para los procedimientos de ensayos físicos y mecánicos utilizaremos la NTP y ASTM.

4.2. Análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Recolección de materiales

Agregado fino. Para este proyecto de investigación escogimos la cantera Mellizos de donde recolectar el agregado fino necesario para nuestro mortero, se encuentra a pocos metros de la Panamericana Norte, a 3.3 km. Del Óvalo Huanchaco.

Ilustración 1

UBICACIÓN DE LA MELLIZOS



Nota: Se muestra la ubicación de la Cantera Mellizos encerrado en un círculo rojo.

Cemento. Optamos por utilizar el cemento Qhuna del grupo San Antonio, esta elección es de gran importancia debido a las propiedades del ya mencionado cemento.

Tabla 5

FICHA TÉCNICA DE CEMENTO QHUNA

CEMENTO QHUNA		
PROPIEDADES FÍSICAS	UND.	VALORES
Superficie Específica	cm ² /gr	3620
Retenido 45µm	%	8.4
Contenido de aire	%	6.0
Densidad	g/ml	3.14
Pérdida por Ignición	%	2.47
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	UND.	VALORES
1 día	kg/cm ²	10.0 (102)
3 días	kg/cm ²	20.2 (206)
7 días	kg/cm ²	27.9 (285)
28 días	kg/cm ²	47.7 (487)
TIEMPO DE FRAGUADO	UND.	VALORES
Fraguado inicial	minutos	122'
Fraguado final	minutos	245'

Fibra de Vidrio. Se compró todo el material.

Unidades de Albañilería. Escogimos ladrillos King Kong de 18 huecos marca Pirámide, de 9 x 12.5 x 23 cm.

4.2.2. Análisis granulométrico

Todo el agregado fino ha sido extraído de la Cantera Mellizos, como se mencionó anteriormente, se tuvo especial cuidado en el traslado dado que el laboratorio donde se van a elaborar los ensayos se encuentra en la Facultad de Ingeniería del Pabellón G, en el sótano.

Para nuestro proyecto nos guiamos de la NTP 400.012, la cual nos indica que primero empezamos secando nuestra muestra de agregado fino a una temperatura de 110°C por 24 horas. Escogemos los tamices que emplearemos para este ensayo, según las especificaciones de esta norma necesitamos los tamices de 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100. Encajamos los tamices escogidos siguiendo un orden de abertura de mayor a menor, colocando una tapa en el fondo para no desperdiciar material.

Retiramos el agregado del horno y procedemos a pesarlo y anotarlo en una tabla que se mostrará a continuación, para este ensayo nuestra muestra representativa fue de 500 gr. de agregado fino. Colocamos nuestra muestra y empezamos a agitarlo manualmente por aproximadamente 2 minutos. Luego procedemos a separarlos por tamices en las mesas para poder pesarlos individualmente y anotamos.

Tabla 6

TABLA DE GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS

AGREGADO FINO					
MALLA	ABERTURA	PESO RETENIDO	PESO PARCIAL RETENIDO	PESO ACUMULADO RETENIDO	PESO ACUMULADO QUE PASA
	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	1.00
N° 4	4.75	15.20	0.03	0.03	0.97
N° 8	2.36	38.50	0.08	0.11	0.89
N° 16	1.18	124.00	0.25	0.36	0.64
N° 30	0.60	119.20	0.24	0.59	0.41

N°50	0.30	114.30	0.23	0.82	0.18
N° 100	0.15	87.50	0.18	1.00	0.00
Fondo		1.30	0.00	1.00	
Total		500.00			

Para hallar el módulo de fineza usaremos la Ecuación 1 ya mencionada anteriormente, al calcular obtenemos un valor de 3.09, el cual se encuentra entre los valores de 2.3 y 3.1 como la norma sugiere.

También, la NTP 400.037 nos indica los valores mínimos y máximos de peso acumulado retenido que debemos de obtener en nuestro ensayo como se muestra en la tabla a continuación, y también podemos observarlo en el siguiente gráfico, donde nos podemos dar cuenta que nuestra muestra de agregado cumple con los requerimientos de la norma ya mencionada.

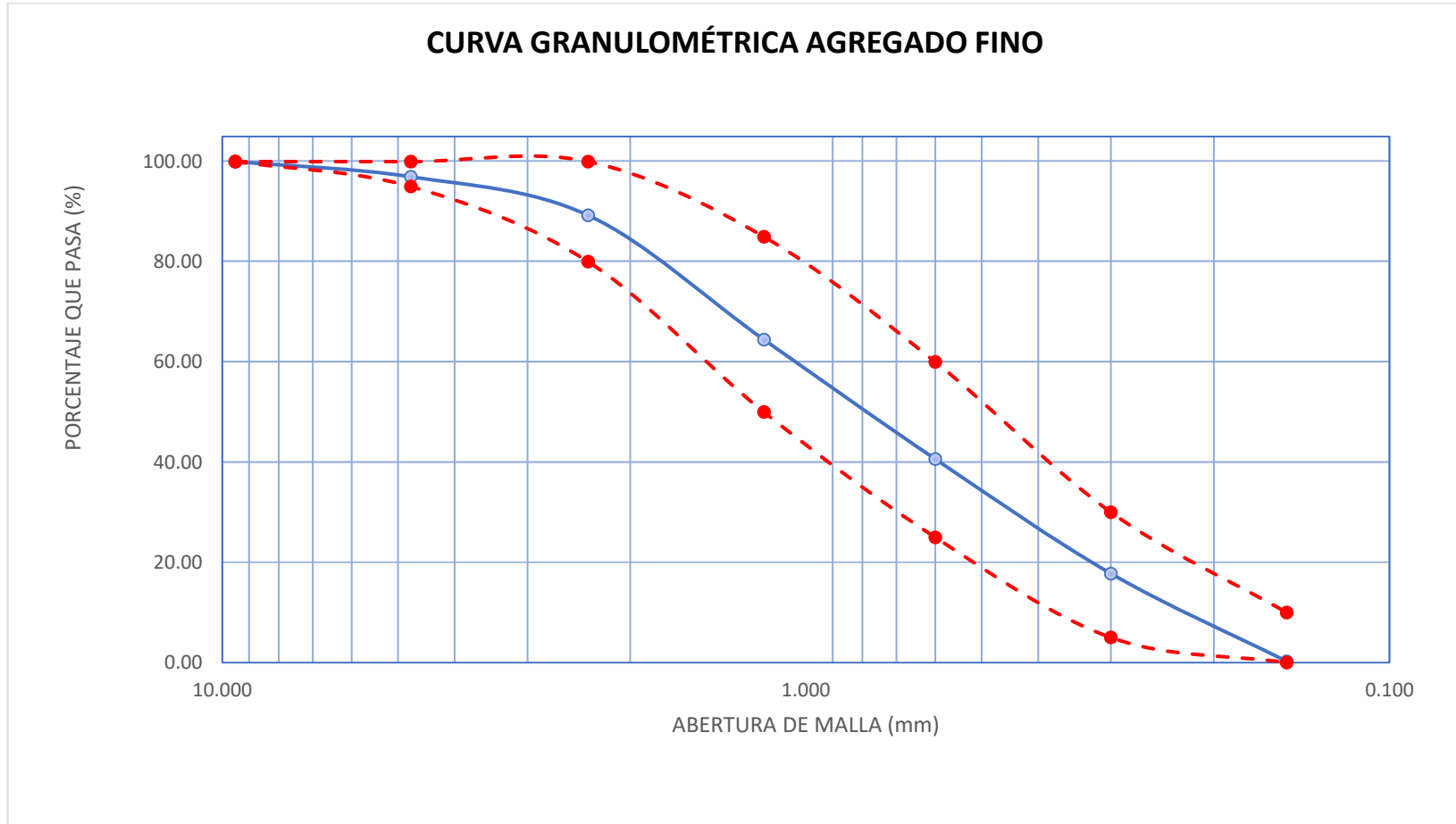
Tabla 7

CURVA GRANULOMÉTRICA

AGREGADO FINO				
MALLA	ABERTURA (mm)	PESO ACUMULADO QUE PASA	LÍMITE MÍNIMO	LÍMITE MÁXIMO
3/8"	9.500	100 %	100	100
N° 4	4.750	97 %	95	100
N° 8	2.360	89 %	80	100
N° 16	1.180	64 %	50	85
N° 30	0.600	41 %	25	60
N°50	0.300	18 %	5	30
N° 100	0.150	0 %	0	10

Gráfico 1

CURVA GRANULOMÉTRICA



En resumen, como ya se mencionó, el módulo de fineza es de 3.09 y nuestros pesos acumulados retenidos se encuentran dentro de los parámetros aceptados, por lo tanto, se puede concluir que nuestro agregado si es adecuado para nuestro diseño de mezcla del mortero.

4.2.3. Contenido de Humedad

Para este ensayo comenzamos guiándonos de la NTP 339.185 y lo primero que necesitamos es una balanza con una precisión del 0,1%.

Empezamos escogiendo nuestra muestra representativa de nuestro agregado, la pesamos y anotamos. Procedemos a secarla teniendo cuidado en no desperdiciar las partículas y en que el secado sea a una temperatura constante por 24 horas debido a que un secado demasiado rápido puede lograr que algunas partículas exploten o alterar las características de nuestro agregado.

Por último, retiramos nuestro recipiente con la muestra representativa de nuestro agregado, la pesamos, anotamos y usando la fórmula 2, que ya se había mencionado realizamos nuestros cálculos.

Tabla 8

CONTENIDO DE HUMEDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO			
Descripción	U. M.	Prueba 1	Prueba 2
Peso recipiente	gr	29	30.2
Peso recipiente + muestra Húmeda	gr	401.2	513.5
Peso recipiente + muestra seca	gr	398.2	510.6
Peso de muestra húmeda	gr	372.2	483.3
Peso de muestra seca	gr	369.2	480.4
Peso de agua	gr	3	2.9
Contenido de humedad	gr	0.81%	0.60%

Como podemos observar de nuestros resultados la diferencia entre el contenido de humedad de las dos pruebas representativas que se extrajeron es de 21%, lo cual se encuentra dentro de los parámetros de desviación estándar en un mismo laboratorio que la NTP 339.185, y el valor promedio sería de 71%.

4.2.4. Peso unitario suelto y compactado.

Para este ensayo es importante elegir el recipiente con los que se trabajará, esto ya está predeterminado por la NTP 400.017, la cual estableció los siguientes parámetros:

Tabla 9

CAPACIDAD DEL RECIPIENTE

T NOMINAL MAX. DEL AGREGADO		CAPACIDAD DEL RECIPIENTE	
mm	pulg.	m ³	p ³
12.5	1/2	0.0028 (2.8)	1/10
25.0	1	0.0093 (9.3)	1/3
37.5	1 1/2	0.0140 (14)	1/2
75.0	3	0.0280 (28)	1
100.0	4	0.0700 (70)	2 1/2
125.0	5	0.1000 (100)	3 1/2

Tabla 10*REQUISITOS PARA LOS RECIPIENTES*

CAPACIDAD DEL RECIPIENTE	ESPESOR DEL METAL, MIN		
	BASE	SOBRE 38 mm DE PARED	RESTO DE PARED
menor que 11 L	5,0 mm	2,5 mm	2,5 mm
11 a 42 L inc	5,0 mm	5,0 mm	3,0 mm
de 42 a 80 L inc	10,0 mm	6,4 mm	3,8 mm
de 80 a 133 L inc	13,0 mm	7,6 mm	5,0 mm
menos que 0.4 p ³	0,20 pulg	0,10 pulg	0,10 pulg
de 0.4 a 1.4 p ³	0,20 pulg	0,20 pulg	0,12 pulg
de 1.5 a 2.8 p ³	0,40 pulg	0,25 pulg	0,15 pulg
de 2.8 a 4.0 p ³	0,50 pulg	0,30 pulg	0,20 pulg

Luego procedemos a calibrar nuestro recipiente, en resumen, lo pesamos, anotamos y calculamos el volumen. Empezamos llenando nuestro recipiente con agua y lo pesamos, luego dividimos este resultado entre 1000 kg/m^3 que es la densidad del agua.

Y ahora empezamos con nuestro ensayo, primero hallaremos nuestro peso unitario suelto, debemos llenar nuestro recipiente hasta que reboce con un cucharando, y vamos descargando el agregado desde una altura de 50mm encima su borde superior. Luego, nivelamos la superficie de nuestro agregado con una espátula.

Pesamos nuestra muestra con el recipiente y anotamos.

Luego empezamos con nuestro ensayo de peso unitario compactado, debemos llenar nuestro recipiente hasta un tercio del total y lo nivelamos con nuestros dedos, apisonamos esta capa con 25 golpes uniformemente sobre la superficie usando la varilla de apisonado. Luego terminamos de llenar hasta los 2/3

del total del recipiente, nuevamente apisonamos y nivelamos como se hizo anteriormente. Terminamos de llenar el recipiente con un extra de agregado para proceder a nivelarlo con una espátula.

Pesamos nuestro recipiente con el agregado compactado y lo anotamos en nuestra tabla.

Tabla 11

PESO UNITARIO SUELTO

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO			
Descripción	U. M.	Prueba 1	Prueba 2
Peso recipiente + muestra suelta	kg	14.089	13.415
Peso de recipiente	kg	2.74	2.74
Peso de muestra en estado suelto	kg	11.350	10.676
Volumen del recipiente	m3	0.0074	0.0074
Peso unitario suelto	g/m3	1538	1447

Tabla 12

PESO UNITARIO COMPACTADO

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO			
Descripción	U. M.	Prueba 1	Prueba 2
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	15.256	16.124
Peso de recipiente	kg	2.74	2.74
Peso de muestra estado compactado	kg	12.517	13.385
Volumen del recipiente	m3	0.0074	0.0074
Peso unitario compactado	g/m3	1696	1814

Analizando estos resultados, deducimos que el agregado escogido si llega a cumplir con los estándares mínimos que nos piden, su peso unitario suelto es de 1492 kg/m^3 y su peso unitario compactado es de 1755 kg/cm^3 .

4.2.5. Densidad y absorción del agregado fino.

Antes de empezar con nuestro debemos preparar nuestra muestra, escogemos nuestra muestra representativa de agregado y la colocamos en un recipiente para que seque en la estufa, dejamos que se enfríe y cubrimos con agua por 24 horas.

Luego decantamos el exceso de líquido con cuidado para evitar el desperdicio de agregado fino, lo extendemos sobre una superficie plana y la vamos moviendo con frecuencia para un secado uniforme.

Para dar inicio a nuestro ensayo debemos llenar el picnómetro con agua parcialmente e introducimos en este 500 g. de agregado fino saturado seco superficialmente, y lo llenamos de agua hasta aproximadamente el 90% de la capacidad. Lo agitamos manualmente para poder eliminar las burbujas de aire visibles.

Después de haber eliminado las burbujas de aire, ajustamos la temperatura del picnómetro, ajustamos el líquido hasta su nivel de calibración y pesamos.

Luego, retiramos el agregado fino del picnómetro, lo secamos en el horno a una temperatura constante de 100°C y lo dejamos enfriamos. Lo pesamos y anotamos.

Tabla 13*DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO*

MATERIAL	AGREGADO FINO	UNIDAD	M 1	M 2
	Peso Picnometro vacío	gr.	141.2	141.2
B	Peso Picnometro + agua aforada	gr.	680.1	665.2
	Peso Recipiente	gr.	28.2	28.2
	Peso Recipiente + muestra seca	gr.	520.7	518.7
A	Peso de muestra seca al horno	gr.	492.5	490.5
S	Peso de la muestra sat. superf. seca	gr.	500.0	500.0
C	Peso Picnometro + agua + muestra aforada	gr.	1010.9	996.2

Y procedemos a realizar los cálculos correspondientes:

Ecuación 13

$$\text{Densidad Relativa (OD)} = \frac{A}{B + S - C}$$

Teniendo:

$$OD = \frac{492.5}{680.1 + 500 - 1010.9}$$

$OD = 2.911$

Ecuación 14

$$\text{Densidad relativa (SSD)} = \frac{S}{B + S - C}$$

Teniendo:

$$SSD = \frac{500}{680.1 + 500 - 1010.9}$$

$SSD = 2.95$

Ecuación 15

$$\text{Densidad relativa aparente (SSD)} = \frac{A}{B + A - C}$$

Teniendo:

$$SSD = \frac{492.5}{680.1 + 492.5 - 1010.9}$$

$SSD = 2.95$

Ecuación 16.

$$\text{Absorción (\%)} = 100 \times \left(\frac{S - A}{A} \right)$$

Teniendo:

$$\text{Absorción} = 100 \times \left(\frac{500 - 492.5}{492.5} \right)$$

$\text{Absorción} = 1.52\%$

Guiándonos de la NTP 400.022, todas las densidades se multiplicaron por 977.5 kg/cm^3 , teniendo en cuenta que este valor es la densidad del agua a 23°C y se resumió en la siguiente tabla para un mejor análisis:

Tabla 14*RESUMEN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO*

MUESTRA	AGREGADO FINO	UNIDAD	M1	M2
Seca al horno seco	Densidad relativa	-	2.91	2.90
Saturada super. seca	Densidad relativa	-	2.95	2.95
	Densidad relativa aparente	-	3.04	3.07
Seca al horno seco	Densidad	kg/m ³	2903.50	2895.10
Saturada super. seca	Densidad	kg/m ³	2947.70	2951.20
	Densidad aparente	kg/m ³	3038.10	3067.50
	Absorción	%	1.52	1.93

Como podemos observar la conclusión es que la densidad promedio de la muestra seca al horno seco es de 2.90 g/cm³, la densidad promedio de la muestra saturada superficialmente seca es de 2.95 g/cm³ y su absorción promedio es de 1.7%.

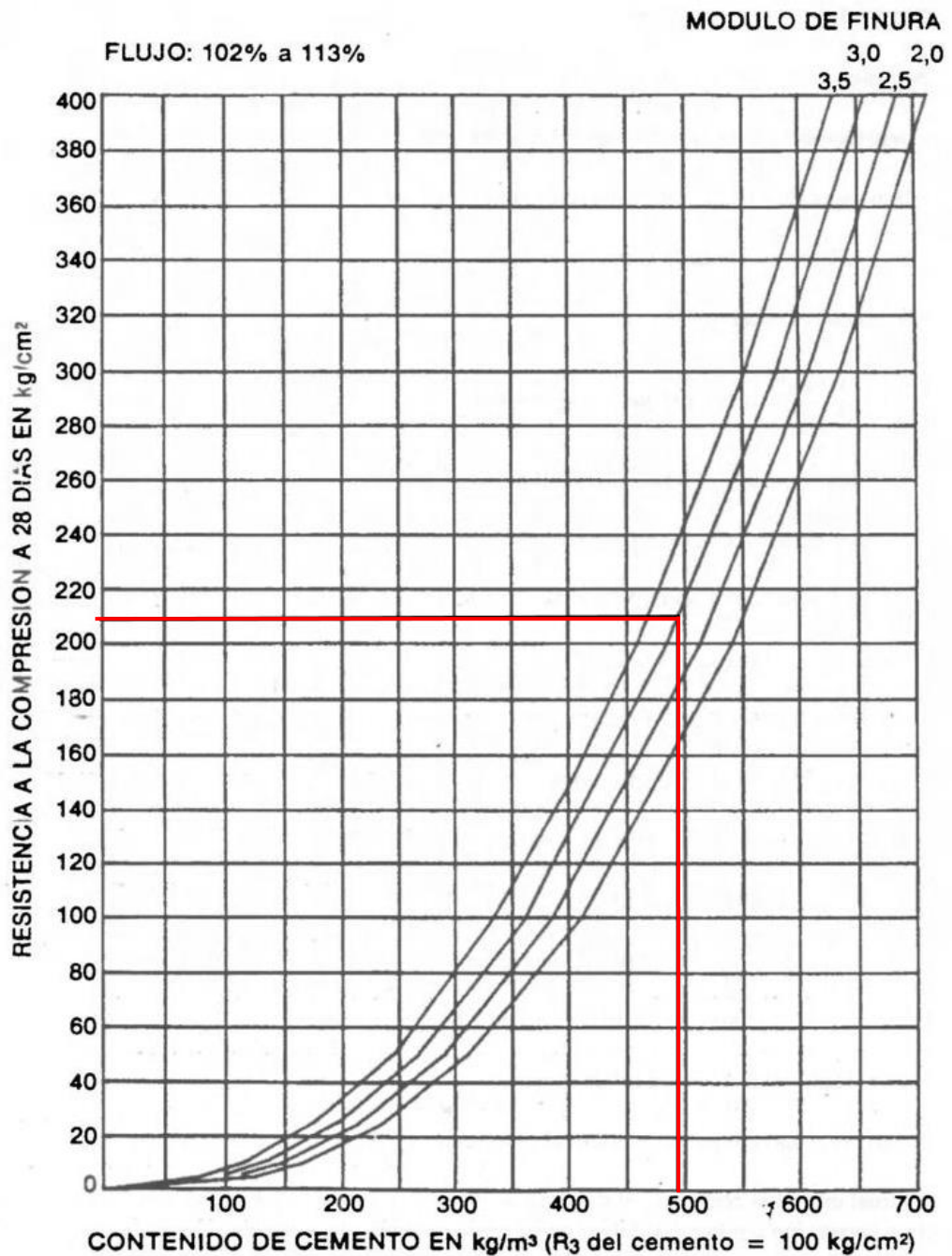
4.2.6. Diseño de mezcla

Para nuestro proyecto trabajamos con el diseño de mezcla siguiendo el método ACI, para una resistencia $f'c = 210$ kg/cm² un módulo de fineza de 3.09

En el siguiente gráfico podremos obtener la cantidad de cemento que se necesita por m³ de mortero:

Gráfico 2

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CEMENTO MORTERO SECO



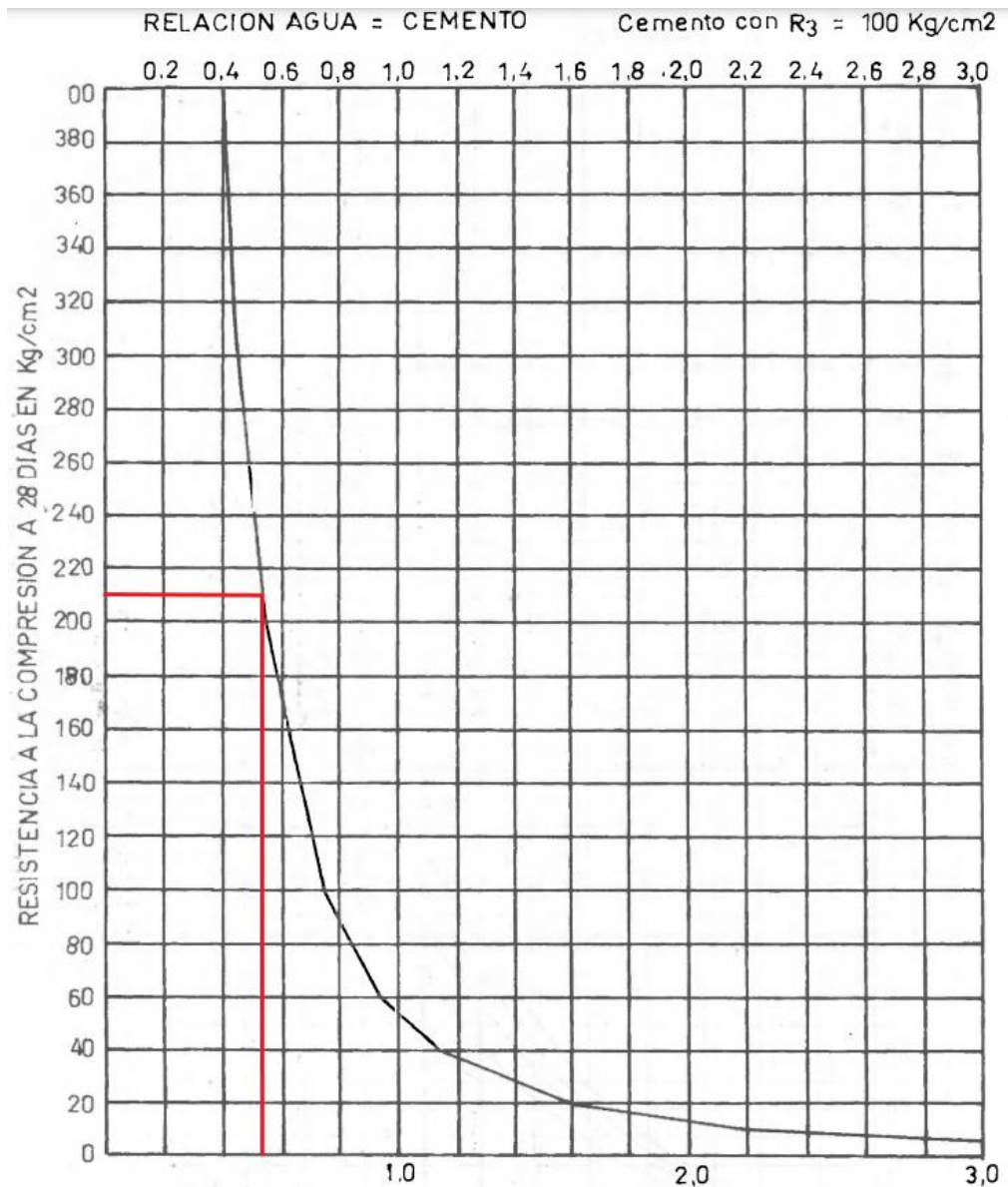
Como podemos observar en el gráfico para nuestra mezcla se necesita 495 kg/cm³ por m³ de mortero.

Ahora procedemos a calcular la cantidad de agua que se necesitarían por m³ de mortero, teniendo en cuenta que tiene que cumplir con la resistencia de 210

kg/cm² a los 28 días, en el gráfico que se muestra a continuación podemos observar la relación agua-cemento, al hallarla y ya teniendo la cantidad de cemento necesaria podemos definir la cantidad de agua que necesitaremos.

Gráfico 3

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA - CEMENTO



Guiándonos de la tabla anterior podemos calcular la cantidad de agua necesaria por m³ de mortero:

$$\text{Relación agua/cemento} = 0.53$$

Ecuación 17

$$A/C = 0.53$$

Teniendo:

$$A = 0.53 \times 497$$

$A = 263.41 \text{ litros de agua por } m^3 \text{ de mortero}$

Después procedemos a calcular el contenido de agregado fino que necesitamos para nuestra mezcla de mortero con los siguientes datos:

- Densidad relativa del cemento: $3.14 \text{ g/cm}^3 = 3140 \text{ kg/m}^3$
- Densidad relativa de la arena (peso específico): $2.95 \text{ g/cm}^3 = 2950 \text{ kg/cm}^3$
- Peso volumétrico suelto de la arena: $1.492 \text{ g/cm}^3 = 1492 \text{ kg/cm}^3$

Ecuación 18

$$V_c = \frac{\text{Masa de cemento}}{\text{Densidad de cemento}} = \frac{497 \text{ kg}}{3140 \text{ kg/m}^3}$$

$V_e = 0.158 \text{ m}^3 \text{ por } m^3 \text{ de mortero}$

Luego podemos hallar el volumen del agua de la siguiente forma:

$$V_{\text{agua}} = \text{Masa de cemento} \times A/C = 497 \times 0.53$$

$V_{\text{agua}} = 272 \text{ litros} = 0.272 \text{ m}^3$
--

Luego, tenemos los siguientes datos:

Volumen de aire incluido = 3.00% = 0.003 m^3

Y así podemos hallar el volumen del agregado con la siguiente fórmula:

Ecuación 19

$$V_{arena} = 1 - (V_c + V_{agua} + V_{aire})$$

$$V_{arena} = 1 - 0.158 - 0.263 - 0.003$$

Teniendo:

$$V_{arena} = 0.576 \text{ m}^3 \text{ por m}^3 \text{ de mortero}$$

Luego hallamos la masa de la arena que necesitaríamos:

Ecuación 20

$$Masa_{arena} = V_{arena} \times Densidad_{arena}$$

$$Masa_{arena} = 0.576 \times 2950$$

Teniendo:

$$Masa_{arena} = 1699 \text{ kg por m}^3 \text{ de mortero}$$

Ecuación 21

$$\frac{1699}{1492} = 1.139 \text{ m}^3 \text{ por m}^3 \text{ de mortero}$$

Luego las proporciones de nuestra mezcla serían:

Tabla 15*PROPORCIONES DE LA MEZCLA*

CANTIDADES PARA UN m³ DE MORTERO		
Material	Peso (kg)	Dosificación al peso
Cemento	497.00	1
Arena	1699.20	3.42

Con las cantidades necesarias para un m³ de mortero, también podemos calcular el porcentaje de fibra de vidrio necesario para un m³ de mortero, en la siguiente tabla se puede observar:

Tabla 16

PORCENTAJE DE FIBRA DE VIDRIO

PORCENTAJE DE FIBRA PARA UN m³ DE MORTERO	
Porcentaje	Peso (kg)
2%	43.924
4%	87.85

Para esta investigación se necesitarán probetas cúbicas y paneles rectangulares, para ello es necesario saber cuántos kg de fibra de vidrio se necesitarán en cada prueba, para esto se creó una tabla que nos mostrara cuantos kg. fibra de vidrio necesitaremos por m³ de mortero:

Tabla 17

KG DE FIBRA DE VIDRIO POR M³ DE MORTERO

Elemento	Peso por m3 de mortero	Probeta cúbica 50x50x50 mm (Kg)	Panel rectangular 560x360x110 mm (Kg)
Agua	263.41	0.033	5.841
Cemento	497	0.062	11.021
Agregado	1699	0.212	37.677
	0	0.000000	0.000000
Fibra de Vidrio	0.2	0.000025	0.004435
	0.4	0.000050	0.008870
TOTAL		0.308	54.553

4.2.7. Ensayo de temperatura

Para este método nos guiaremos de la norma ASTM C1064 y en la NTP 339.184.

Este método de ensayo es para un mortero en estado fresco, por lo tanto, no es necesario ningún molde o muestras precisas. Para empezar, debemos humedecer el recipiente que utilizaremos, lo dejamos secar y vertemos nuestra mezcla en éste.

Luego, procedemos a colocar nuestro dispositivo en cada mezcla de concreto fresco hecho, lo sumergimos a 75 mm. aproximadamente, y lo cubrimos levemente con el concreto para que la temperatura del ambiente no afecte los resultados.

Lo mantuvimos introducido por unos 4 minutos y luego leímos la temperatura y anotamos.

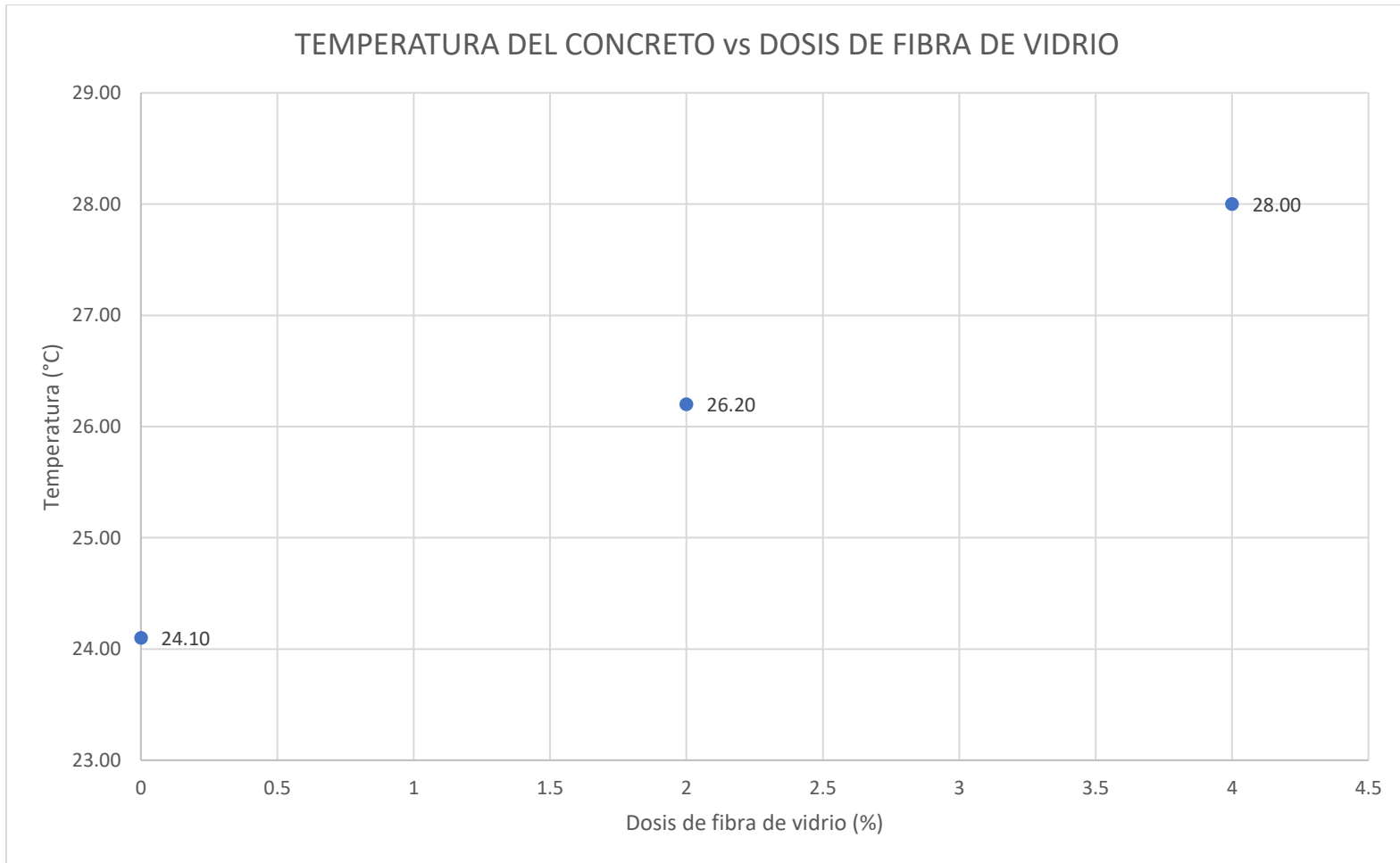
Tabla 18

TEMPERATURA DE LAS MEZCLA

PORCENTAJE DE FIBRA DE VIDRIO	TEMPERATURA
%	°C
0	24.10
2	26.20
4	28.00

Gráfico 4

TEMPERATURA DE LAS MEZCLA



4.2.8. Ensayo de asentamiento

Este ensayo es para mortero en estado fresco, nos guiaremos de la NTP 339.035, escogimos un molde metálico, con resistencia a la fuerza de impacto y no es absorbente tal como la norma específica, cual tiene agarraderas en los costados, es un molde liso sin abolladuras.

Para empezar con este método de ensayo debemos humedecer el molde, colocamos nuestro pie sobre el soporte mientras comenzamos a llenarlo para asegurarnos de que el molde esté apretado y limpiamos lo sobrante. Procedemos a llenar el molde con nuestra mezcla de mortero hasta aproximadamente 1/3 del volumen total que sería a 70 mm., teniendo cuidado de distribuir la mezcla uniformemente. Usando una barra de apisonado, comenzamos a asentar la muestra con 25 golpes en cada capa, como estándar requerido, la segunda capa tiene una altura de 160 mm.

En la última capa llenamos el molde excediéndonos de su volumen y luego empezamos a perforar. Para terminar, enrasamos para que quede una superficie uniforme y plana.

Es primordial limpiar el sobrante para tener un área de trabajo en óptimas condiciones y nuestros resultados sean fiables, para esto ponemos nuestras manos en las manijas y con cuidado sacamos nuestros pies. Lentamente levantamos el evitando tocar la muestra en aproximadamente 5 segundos.

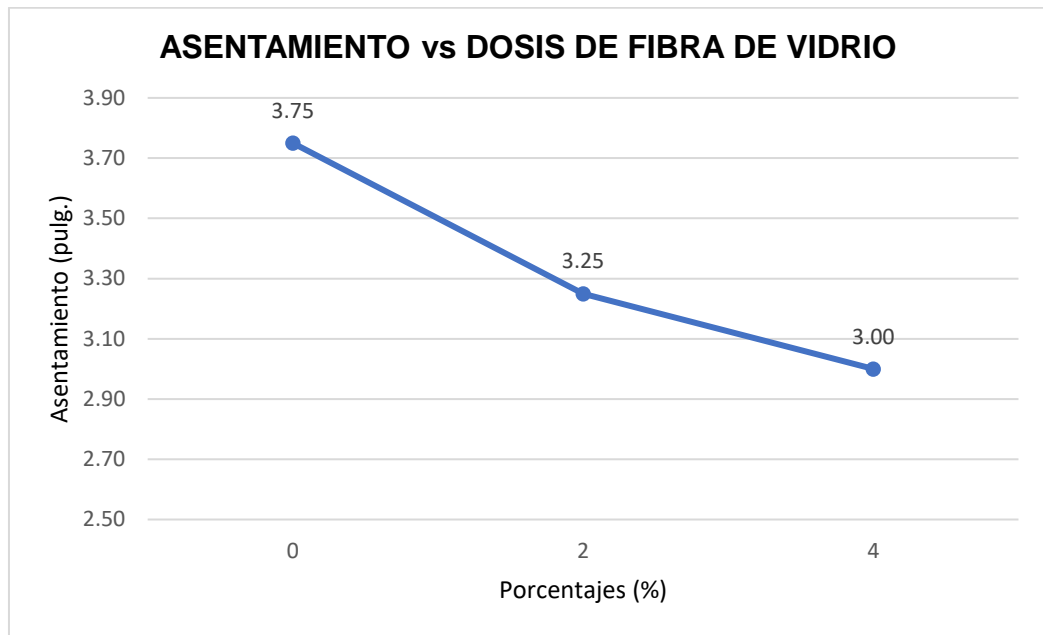
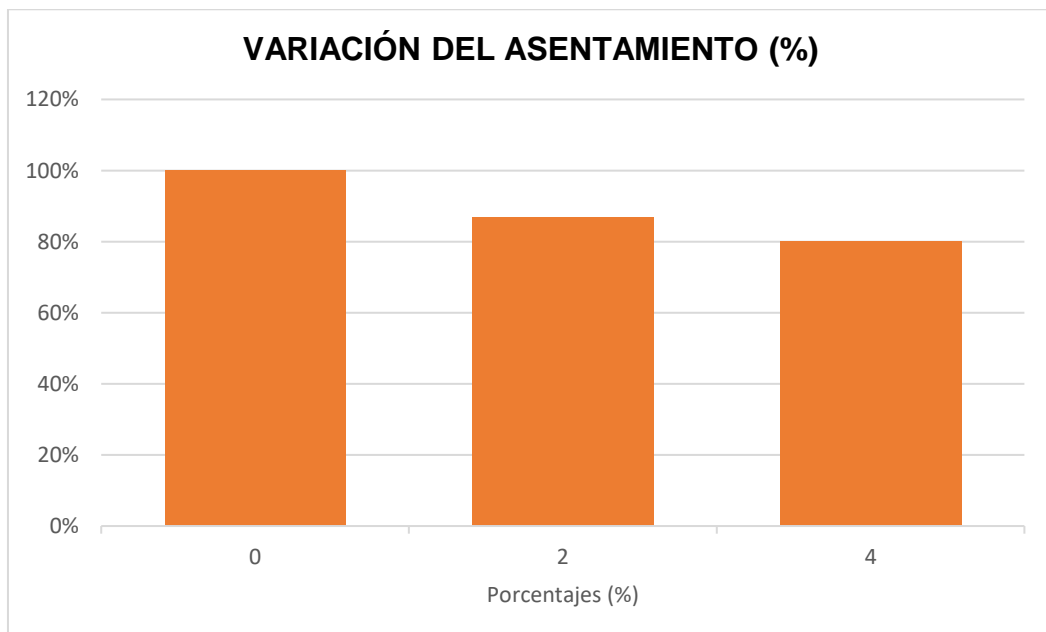
Para poder obtener nuestros datos debemos colocar el molde de forma invertida al costado de la mezcla del mortero, y colocamos nuestra varilla de forma horizontal apoyándonos en molde. Procedemos a medir la distancia desde la varilla al centro del cono. Anotamos todos estos datos.

Tabla 19*ASENTAMIENTO DE LAS MEZCLAS*

N° DE PRUEBA	PORCENTAJE DE FIBRA DE VIDRIO	ASENTAMIENTO			
	%	pulg.	mm		
1	0	3.75	95.25		
2	0	3.75	95.25	3.75	97.37
3	0	4.00	101.60		
4	2	3.50	88.90		
5	2	3.25	82.55	3.25	84.67
6	2	3.25	82.55		
7	4	3.00	76.20		
8	4	3.00	76.20	3.00	76.20
9	4	3.00	76.20		

Tabla 20*VARIACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS*

PORCENTAJE DE FIBRA DE VIDRIO	ASENTAMIENTO		VARIACIÓN DEL ASENTAMIENTO	REDUCCIÓN DEL ASENTAMIENTO
	%	pulg.	mm	%
0	3.75	95.25	100	0
2	3.25	82.55	87	13
4	3.00	76.20	80	20

Gráfico 5*ASENTAMIENTO DE LAS MEZCLAS***Gráfico 6***VARIACIÓN DEL ASENTAMIENTO*

4.2.9. Distribución de muestras

Para esta investigación se deben de hacer distintos ensayos para poder hallar sus propiedades, como contracción plástica, resistencia a la compresión y resistencia a la compresión diagonal, y por eso debemos hallar cuantas muestras en total se necesitarán formar y cuanta cantidad de fibra de vidrio se necesitará; y para ello utilizaremos la siguiente ecuación:

Ecuación 22

$$n_0 = \frac{Z^2 \times S^2}{E^2}$$

Donde:

n = Muestra

Z = Valor normal a un nivel de confianza dado

S = Valor de la desviación estándar

E = Error máximo tolerable

Usando un nivel de confianza de 95%, nos da un total de 28 probetas a elaborar para el ensayo de compresión.

Al guiarnos de la norma ACI 318.14, el ensayo de resistencia a la compresión tiene que ser el promedio de resistencias de entre 2 y 3 probetas de concreto o mortero como mínimo, por lo tanto, se realizarán 7 probetas para cada una de las resistencias que se evaluarán.

Para el ensayo de contracción plástica usamos la norma ASTM C1579-13, la cual dice que solo se necesita realizar una muestra para cada porcentaje de fibra de vidrio, por lo tanto, se concluye en lo siguiente:

- Para el ensayo de contracción plástica, el número de paneles de mortero necesarios corresponde a 1 por cada dosificación, es decir 3 paneles de mortero.

- Para el ensayo de resistencia a la compresión el número de especímenes cúbicos será de 14, 7 para cada edad de curado de 7 y 28 días) por cada dosificación, es decir tendremos en total 28 especímenes cúbicos.
- Para el ensayo de resistencia a la compresión diagonal se utilizará el mismo número de muestras que se usaron para el ensayo de resistencia a la compresión.
- En total tendremos 66 muestras.

Tabla 21*NÚMERO DE MUESTRAS*

Ensayos	Días de curado	Porcentaje de fibra de vidrio		
		0%	2%	4%
Contracción plástica		1	1	1
Resistencia a la compresión	7 días	7	7	7
	28 días	7	7	7
Resistencia a la compresión diagonal	28 días	7	7	7
Total				66

4.2.10. Ensayo de fisuras por contracción plástica.

Para este método nos guiaremos de la norma ASTM C1579, se trata de anotar el momento en el que aparecen las fisuras y cómo van evolucionando a través del tiempo.

Empezamos seleccionando nuestro recipiente, para este ensayo, siguiendo con las especificaciones de la norma, escogemos un panel rectangular de 360 x 560 x 110 mm. Después, procedemos a llenarlo con nuestra mezcla y compactarlo con la varilla, golpeando los lados de ésta 15 veces; asegurándonos de llenarla homogéneamente y registramos la temperatura del concreto, la temperatura del ambiente y las horas en el que los tomamos.

A continuación, empezamos a llevar el control de la aparición y evolución de cada grieta, con un intervalo de 15 minutos entre cada revisión. Medimos el ancho con fisurómetro de cada fisura y la longitud con una regla que va apareciendo; evitamos los bordes del panel para evitar posibles errores por efecto del borde.

Vamos controlando continuamente hasta que ya no aparezcan más o las existentes no evolucionen.

Al concluir observamos que para nuestra muestra patrón la cual no contiene ningún porcentaje de fibra de vidrio, encontramos 6 fisuras en total, para la segunda muestra que tiene 2% de fibra de vidrio, podemos observar 5 fisuras en total y para la última que contiene 4% de fibra de vidrio, encontramos solo 3 fisuras.

Tabla 22

CONTRACCIÓN PLÁSTICA

Porcentaje de fibra %	Ancho mm	Longitud mm	Ancho promedio mm	Longitud promedio mm
0	0.45	3.82	0.49	3.76
	0.60	3.91		
	0.60	3.79		
	0.65	3.78		
	0.32	3.65		
	0.31	3.61		
2	0.38	3.29	0.37	3.31
	0.41	3.33		
	0.38	3.31		
	0.30	3.32		
	0.38	3.28		

	0.25	3.21		
4	0.19	3.16	0.22	3.17
	0.21	3.13		

Para hallar la reducción del ancho y de la longitud de las grietas (the crack reduction ratio), usaremos la siguiente ecuación:

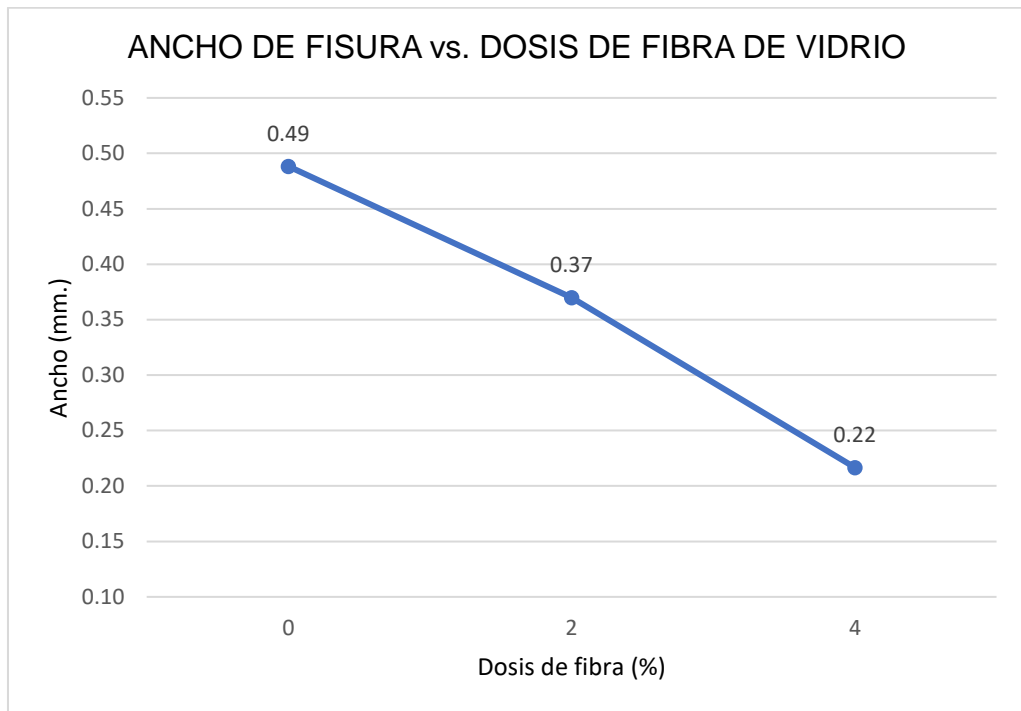
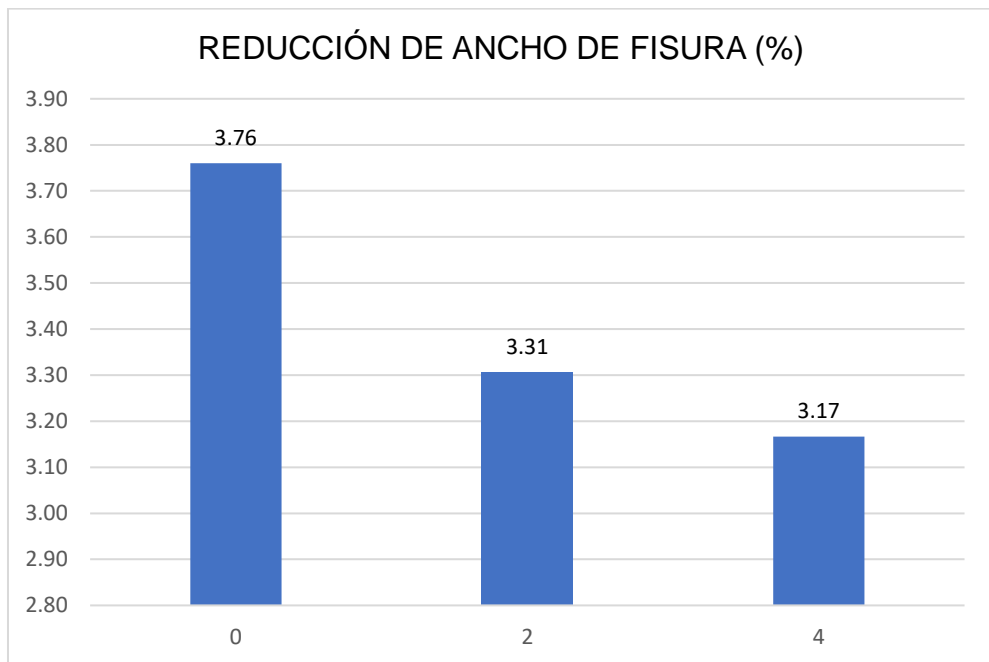
Ecuación 23

$$CRR = \left(1 - \frac{\text{Ancho medio de la grieta del mortero reforzado con fibra de vidrio}}{\text{Ancho medio de la grieta del mortero patrón}} \right) \times 100\%$$

Tabla 23

REDUCCIÓN DE ANCHO Y LONGITUD DE FISURAS

Porcentaje de fibra	N° de fisuras	Ancho promedio	Longitud promedio	Reducción de ancho	Reducción de longitud
%		mm	mm	%	%
0	6	0.49	3.76	0	0
2	5	0.37	3.31	24.23	12.07
4	3	0.22	3.17	55.63	15.78

Gráfico 7*ANCHO DE FISURA***Gráfico 8***REDUCCIÓN DE ANCHO DE FISURAS*

Podemos observar que entre más porcentaje de fibra de vidrio agregamos a la muestra, hay una mayor reducción del ancho de fisuras.

Gráfico 9

LONGITUD DE FISURA

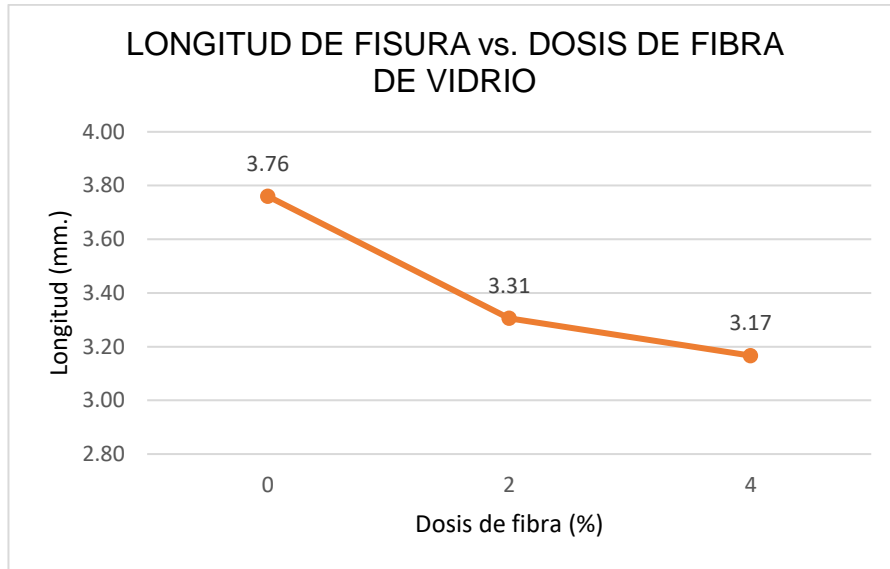
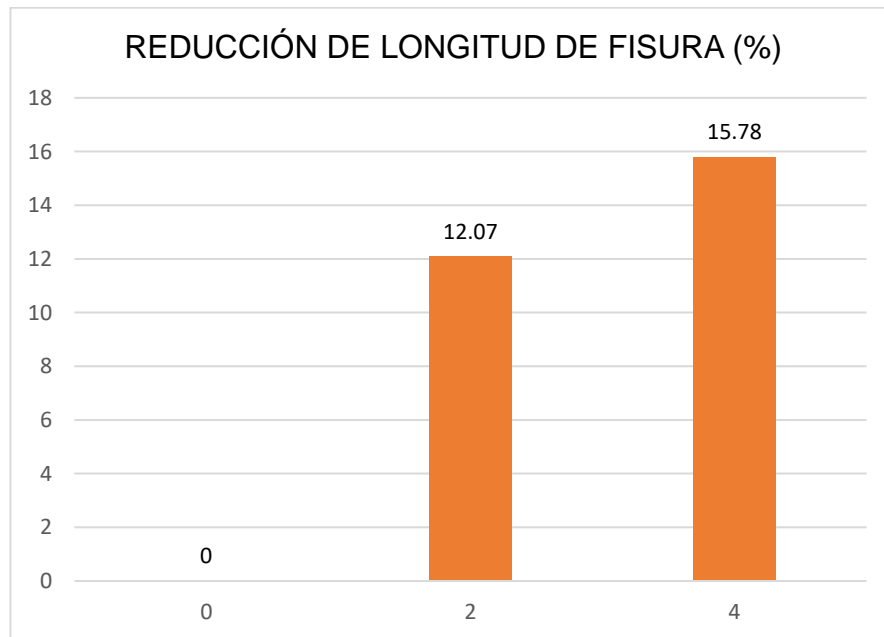


Gráfico 10

REDUCCIÓN DE LONGITUD DE FISURAS



Podemos observar que entre más porcentaje de fibra de vidrio agregamos a la muestra, hay una mayor reducción de la longitud de fisuras.

4.2.11. Resistencia a la compresión.

Usaremos la norma ASTM C109 para este método de ensayo de resistencia a la compresión, para empezar, necesitamos un desesencofrante, en este caso nosotros escogimos el aceite como tal, y lo aplicamos a los moldes, se necesita un recubrimiento fino a las caras inferiores, como dice la norma estos deben de ser de 50 x 50 x 50 mm.

Después, apisonamos el mortero, para cada muestra cúbica fueron 34 veces en 4 rondas de 10 segundos aproximadamente cada una. Cada ronda se golpeó la superficie de la mezcla ocho veces. La parte plana de una espátula se movió a lo largo del molde para nivelar el mortero y los cubos de la mezcla se colocaron en un gabinete húmedo durante tres días, exponiendo la superficie exterior al aire húmedo.

Después de tres días, las muestras se sumergen en un tanque de almacenamiento lleno de agua saturada con cal y se dejan allí hasta que haya transcurrido el tiempo programado para cada grupo de cubos.

Cada muestra se colocó cuidadosamente en la máquina de prueba debajo del centro del soporte superior del bloque y la carga se aplicó directamente a la cara del bloque.

Finalmente, para calcular la resistencia a la compresión usamos la siguiente fórmula:

Ecuación 24

$$f_m = \frac{P}{A}$$

Donde:

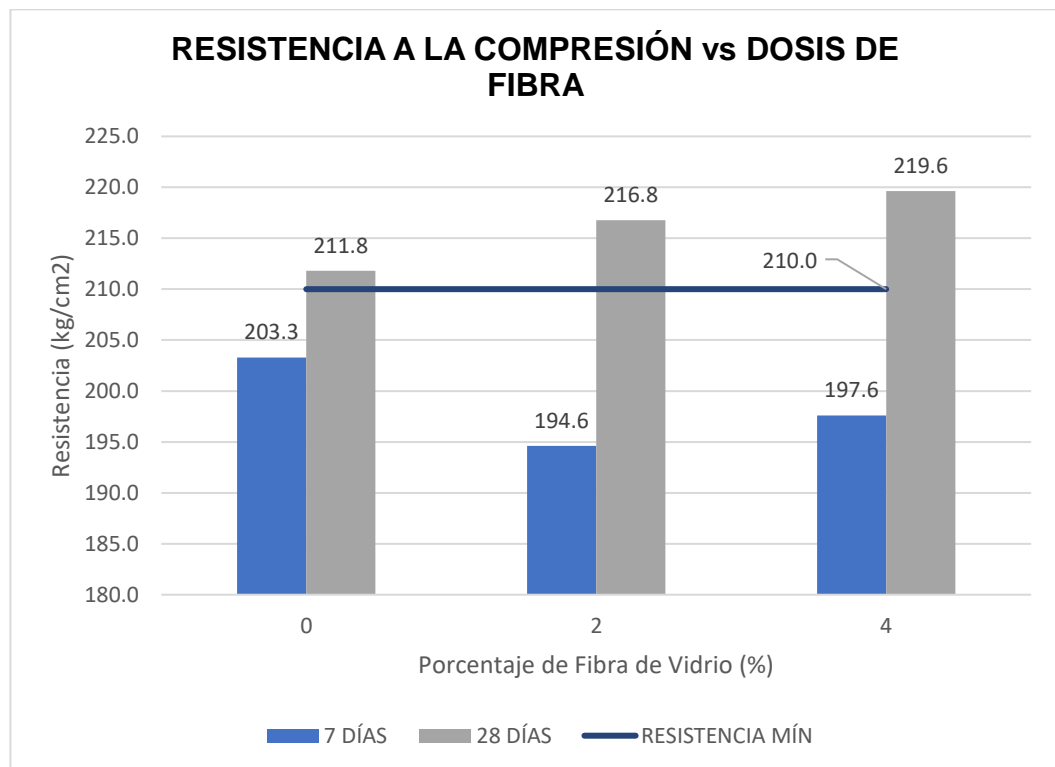
F_m = Resistencia a la compresión (MPa o lb/pulg²)

P = Carga total máxima (N o lb)

A = Área de la superficie cargada (mm² o pulg²)

Tabla 24*RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN*

Porcentaje de Fibra de Vidrio	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	
	7 días	28 días
0	203.3	211.8
2	194.6	216.8
4	197.6	219.6

Gráfico 11*RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN*

Después realizamos una comparación con respecto al tiempo, debido a que como se muestra en la anterior tabla y gráfica la evolución de la distancia no es de manera uniforme.

Tabla 25

RESISTENCIA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

Probetas cúbicas diseñadas para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$						
EDAD	0%		2%		4%	
	kg/cm ²	%	kg/cm ²	%	kg/cm ²	%
7 días	203.3	97%	194.6	93%	197.6	94%
28 días	211.8	101%	216.8	103%	219.6	105%

Gráfico 12

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN EL TIEMPO A LOS 7 DÍAS

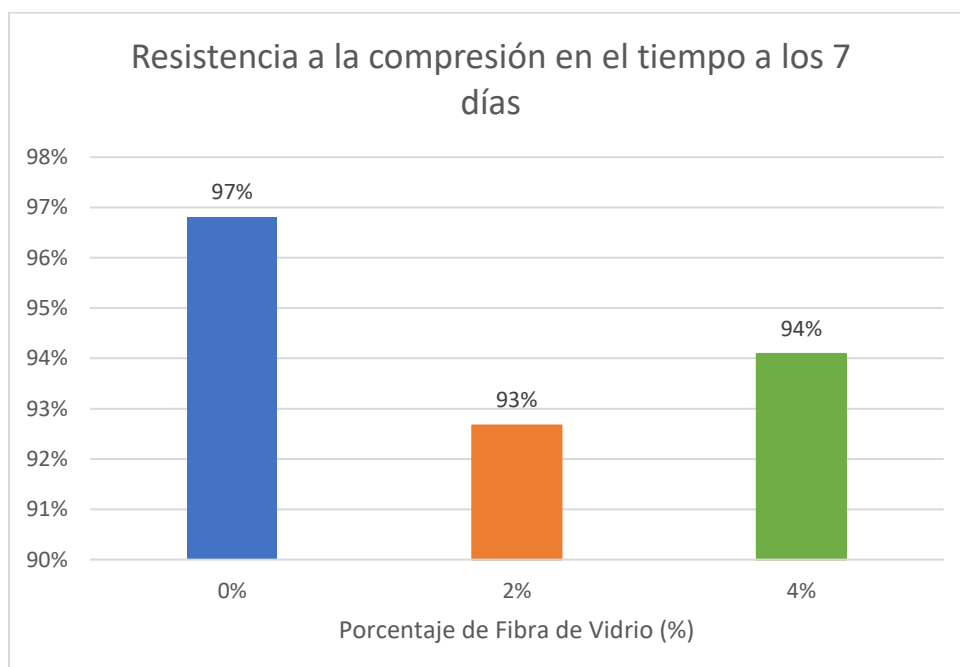
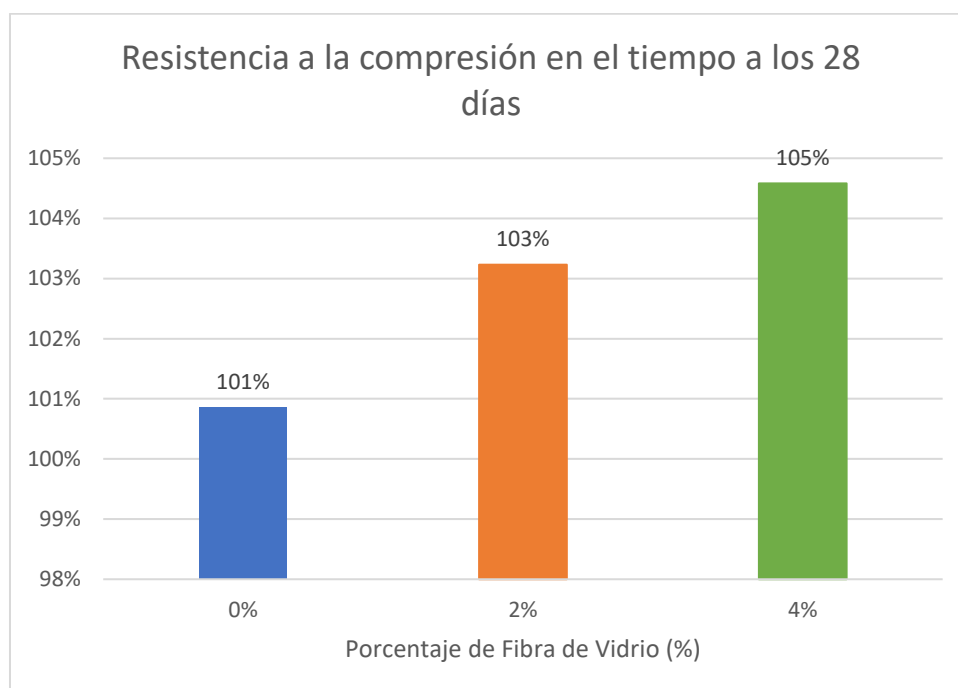


Gráfico 13**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN EL TIEMPO A LOS 28 DÍAS****4.2.12. Resistencia a la compresión diagonal**

Para este ensayo comenzaremos eligiendo las dimensiones del muro que se estudiará, estos fueron muretes cuadrados de 600 x 600 mm. Se aplicará una carga a lo largo de una diagonal del murete, de esta forma se originará una falla por tracción diagonal, y el murete se fisurará paralelamente en el punto donde se aplicará la carga. Consideramos un espesor de mortero de 1cm.

Empezamos este ensayo colocando el murete en una posición recta y centrada, construimos estos muretes con unidades perforadas, por ello lo rellenamos con nuestra mezcla de mortero y colocamos una capa de yeso.

Primero colocamos dos sensores en el centro de la diagonal del murete en dirección horizontal y vertical, una en cada cara, esto sirve para poder medir la deformación en estos sentidos. Procedemos a aplicar la carga y todos los datos se descargan en nuestra laptop la cual nos brinda la curva esfuerzo/deformación por corte (módulo de corte).

Esta carga se aplicó a una velocidad conveniente hasta la mitad del valor máximo que se esperaba, luego procedemos a ajustar los controles del equipo de forma que esta carga se aplique uniformemente.

Ecuación 25

$$V'm = \frac{P}{A}$$

Donde:

P = Carga aplicada en el murete (kgf)

A = Área del murete (cm²)

Tabla 26

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL

Porcentaje de Fibra de Vidrio %	Vm kg/cm ²	Desviación estándar kg/cm ²
0	6.42	0.45
2	6.56	0.53
4	7.28	0.77

4.3. Docimasia de hipótesis

Con el análisis que se hizo a las propiedades de un mortero de reparación adicionándole como aditivo el 2% y 4% de fibra de vidrio, pudimos determinar que según las normas de las que nos guiamos, entre más porcentaje de fibra de vidrio como aditivos mejores son resultados de sus propiedades, y todos estos resultados cumplen con las normas ya mencionadas.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Para poder definir la dosificación adecuada se realizaron varios cálculos intentando ser los más precisos, se resumió en el siguiente cuadro:

Tabla 27

DOSIFICACIÓN DE MORTERO

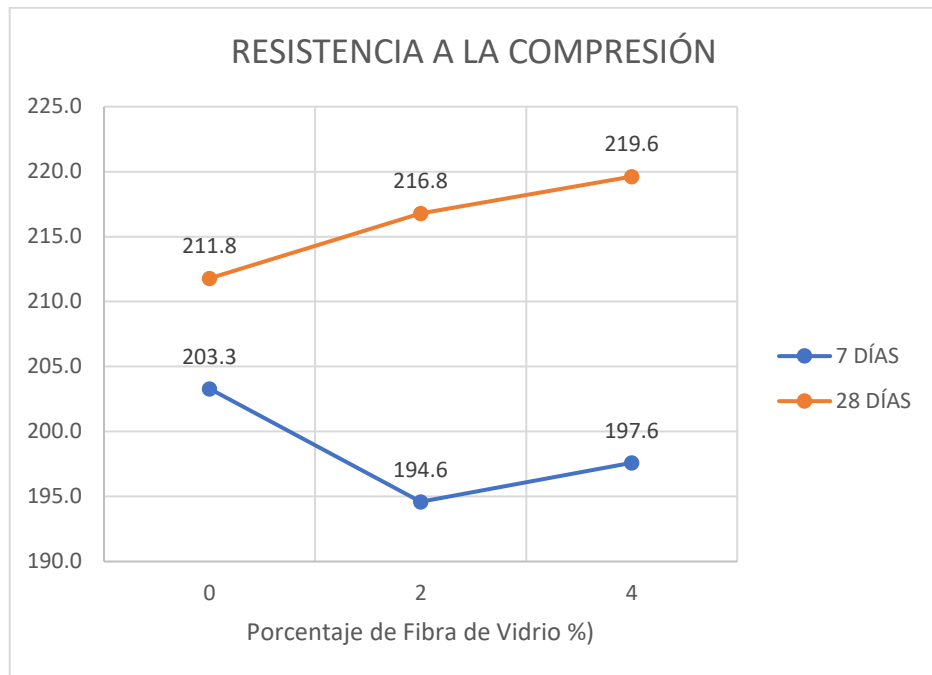
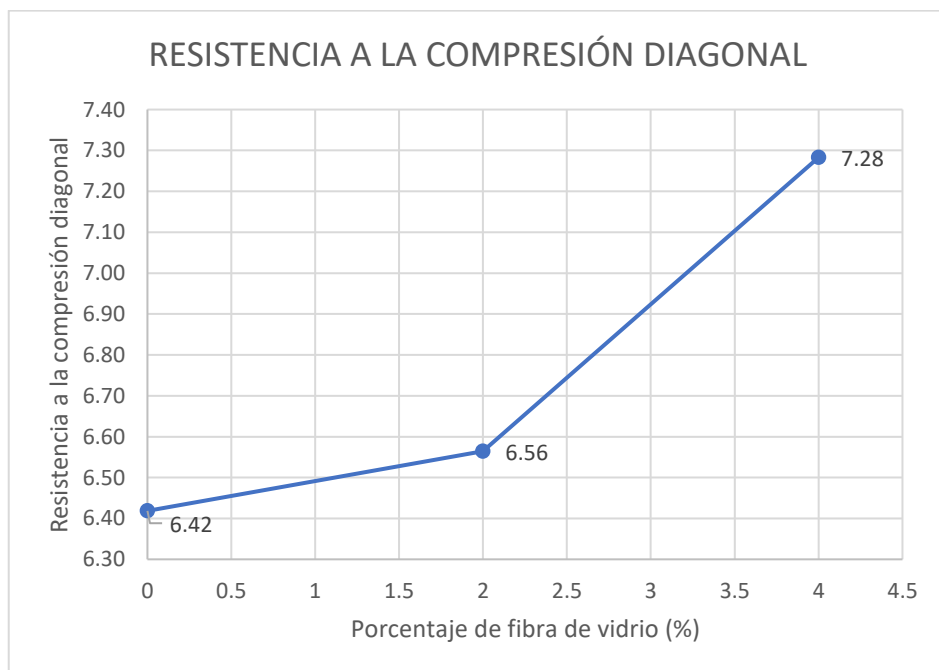
Material	Dosificación al peso
Cemento	1
Arena	3.42
Fibra de vidrio (2%)	0.09
Fibra de vidrio (4%)	0.18

- Se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión para determinar qué porcentaje de fibra de vidrio cumple con los requerimientos de la resistencia especificada.

Tabla 28

*RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DIAGONAL*

Porcentaje de Fibra de Vidrio	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)		Resistencia a la Compresión diagonal (kg/cm²)	
	%	7 días		28 días
0		203.3	211.8	6.42
2		194.6	216.8	6.56
4		197.6	219.6	7.28

Gráfico 14**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN****Gráfico 15****RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL**

- Con la ayuda de varias pruebas, fue posible asegurar que los agregados cumplan con todas las NTP vigentes y, para comprenderlos mejor, se preparó una tabla de resultados:

Tabla 29*PROPIEDADES DEL AGREGADO*

Ensayo	Unidad	Resultado	
Análisis Granulométrico	Módulo de fineza	3.09	
Contenido de Humedad	%	0.71	
Peso unitario suelto	kg/m ³	1492.5	
Peso unitario compactado	kg/m ³	1755	
	D. R. m. seca	kg/m ³	2899.3
Densidad y Absorción del agregado fino	D. R. m. saturada superficialmente seca	kg/m ³	2949.45
	Densidad aparente	kg/m ³	3052.8
	Absorción	%	1.73

- De acuerdo con NTP y ASTM actuales, encontramos nuestro diseño de mezcla y pudimos comenzar a probar en estado fresco y seco. Después de analizar cada resultado, pudimos determinar que todos los resultados cumplían con los requisitos. Según las normas vigentes de mortero en estado fresco, tuvimos la temperatura y el asentamiento entre los valores ideales, luego la contracción plástica nos mostró 14 fisuras en total y nos dimos cuenta que a mayor porcentaje de fibra de vidrio menor número de fisuras, y para el estado endurecido tuvimos una resistencia a la compresión y resistencia a la compresión diagonal, donde también notamos que, a mayor porcentaje de fibra de vidrio, mayor resistencia. Aunque cabe resaltar que, la mejoría no fue en forma homogénea.
- Para poder entender mejor los resultados, creamos una tabla de resumen comparativa con todos los valores hallados.

Tabla 30

TABLA RESUMEN

Propiedad			0%		2%		4%	
			7 días	28 días	7 días	28 días	7 días	28 días
Temperatura	°C	24.1		24.2		28		
Asentamiento	mm.	97.37		84.67		76.2		
Contracción plástica	Ancho	mm.	0.49		0.37		0.22	
	Longitud	mm.	3.76		3.31		3.17	
Resistencia a la Compresión	kg/cm ²	203.3	211.8	194.6	216.8	197.6	219.6	
Resistencia a la Compresión Diagonal	kg/cm ²	-	6.42	-	6.56	-	7.28	

CONCLUSIONES

- Se determinó la dosificación mediante la realización de varios cálculos teniendo como resultado la relación del material cemento:arena con la dosificación al peso de 1:3.42 siendo la dosificación del mortero más adecuada para llegar a una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Se realizó ensayos con el fin de obtener mejores resultados en la dosificación del diseño de mezcla para determinar la resistencia a la compresión y la resistencia a la compresión diagonal.
- Como fue denotado con anterioridad, para el diseño de mezcla se determinó la resistencia a la compresión sin adición de fibra de vidrio la resistencia a la compresión de 7 y 28 días que fue de 203.30 y 211.80 respectivamente, mientras que la resistencia a la compresión de la adición de fibra de vidrio al 2% a los 7 y 28 días fue de 194.60 y 216.80 respectivamente, finalmente, para el porcentaje de fibra de vidrio al 4% a los 7 y 28 días fue de 197.60 y 219.60 respectivamente.
- Asimismo, se determinó la resistencia a la compresión diagonal sin adición de vidrio donde se determinó que la desviación estándar es de 0.45 kg/cm^2 , mientras que para el porcentaje de fibra de vidrio de 2% y 4% es de 0.53 kg/cm^2 y 0.7 kg/cm^2 respectivamente.
- Comparando la proporción de fibra de vidrio utilizada como aditivo para mortero, llegamos a la conclusión que, si es una alternativa óptima para mejorar las propiedades mecánicas del mortero por el aumento de su resistencia, esto se debe al cumplimiento con las normas técnicas peruanas.
- También se pudo concluir que la dosificación más efectiva de fibra de vidrio fue la de 400 g/m^3 , esto se debe a gracias a la utilidad de esa cantidad precisa, la contracción plástica se redujo en un 15% y 55% con respecto al mortero patrón, la resistencia a la compresión aumentó en un 5% con respecto al mortero patrón y presentaba una correcta manejabilidad para su instalación.

RECOMENDACIONES

- Actualmente, en Perú, 25% de las 260 mil toneladas de vidrio producidas contienen vidrio reciclado es por ello que se debe promover el reciclaje de estos materiales dado que permite el ahorro de recursos naturales, energía y costes lo que contribuye a la economía circular de nuestro país. Uno de los ejemplos de aprovechamiento de las propiedades de este material es adicionarlo como fibras de vidrio en el mortero como lo denota esta presente tesis.
- Es esencial generar la cultura de innovación en el área constructiva con nuevos diseños utilizando diferentes aditivos como caucho, plástico, papel, etc.; en distintas proporciones, no solo en estructuras de mortero sino también en hormigón, para mejorar sus propiedades con alternativas rentables al alcance de todos.
- A los futuros tesisistas, se recomienda proseguir con la presente investigación donde se evalúe mayores proporciones de adición de fibras de vidrio hasta ubicar el punto de quiebre teniendo en cuenta las pruebas de asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la compresión diagonal tracción
- Otra alternativa que necesita ser explorada sería morteros con distinta fuerza de resistencia, para poder realizar un cuadro comparativo, si para todas las resistencias influye de manera positiva y otras propiedades de esta misma para analizar si en todos casos sus resultados son positivos.
- Se recomienda a empresas constructoras utilizar las fibras de vidrio que se encuentran accesibles en el mercado para las futuras construcciones de pavimentos rígidos mejorando sus propiedades mecánicas considerando las dosificaciones de la presente investigación.
- Se recomienda investigar el comportamiento que genera la adición de diferentes aditivos y la incorporación de fibras de vidrio para así obtener concretos mejorados siendo aplicados a diversos tipos de obras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto: Teoría y problemas*. Lima, Perú. Editorial San Marcos E.I.R.L.
- ASTM C109-95 (1995). *Método de prueba estándar para la Resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico (Usando especímenes de 50 mm)*.
- ASTM C143. *Método estándar para la prueba del revenimiento en el concreto de cemento portland*.
- ASTM C1064-11. *Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura del concreto fresco con cemento Portland*.
- ASTM C293-02 (2022). *Método de ensayo estándar para la Resistencia a la flexión del concreto (utilizando viga simple con carga en el punto central)*.
- Ayala B, A. P. (2019) *Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo de arcilla con morteros mejorados de fibras de polipropileno, Sikafiber Pe y Drymix de 12 mm* [Tesis de título, Universidad Privada del Norte] <http://hdl.handle.net/11537/22168>
- Bustos, A. (2018) *Morteros con propiedades mejoradas de ductilidad por adición de fibras de vidrio, carbono y basalto endurecido* [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid] <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.54114>
- Chávez Deza, M. L., Kanno Palmer, J. I., Rojas Gutierrez, A. A., & Vargas Rios, J. J. (2019). *Efecto de los residuos sólidos provenientes de la construcción en la elaboración de mortero*, Trujillo, La Libertad, 2019.
- Flores Alés, Jiménez Bayarri, Pérez Fargallo. *The influence of the incorporation of crushed glass on the properties and high temperature behavior of cement mortars*. España. 265 pp. 2018.
- Hadhood, A., Mohamed, H., Benmokrane, B., Nanni, A. y Shield, C. (2019). *Assessment of Design Guidelines of Concrete Columns Reinforced with*

Glass Fiber-Reinforced Polymer Bars. *ACI Structural Journal*, 116(4), 193-207. <https://doi.org/10.14359/51715663>

Norma Técnica Peruana. Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando el agua de Vicat. NTP 334.006. Lima, 2013.

Norma Técnica Peruana. Agregados para concreto. Requisitos. NTP 400.037. Lima, 2018.

Norma Técnica Peruana. Cementos. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50mm de lado. NTP 334.051. Lima, 2006.

Norma Técnica Peruana. Método de ensayo normalizado de resistencia a la flexión de mortero de cemento hidráulico. NTP 334.120. Lima, 2016.

Trujillo, A. L. (2018) *Influencia de la fibra de polipropileno en las propiedades de un mortero de reparación en estado fresco y endurecido* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte] <https://hdl.handle.net/11537/13749>

Viera P. y Morillo D. y Parion J. (2021) *Influence of natural and synthetic fibers on the permeability of cement mortars - sand, and, cement, lime and sand* [Tesis de título, Universidad Central del Ecuador] <https://doi.org/10.29166/revfig.v13i1.3410>

Xargay H., Ripani M., Caggiano A., Martinelli E. (2019). Uso de materiales reciclados en compuestos cementicios. *Tecnura*, 23(60). 38-51.doi: <https://doi.org/10.14483/22487638.14697>

ANEXOS

1. Instrumento de Recolección de datos

Anexo 1

FORMATO PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Malla	Abertura	Peso retenido	Peso parcial retenido	Peso acumulado retenido	Peso acumulado que pasa	Límite mínimo	Límite máximo
	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)		
3/8"	9.500					100	100
N° 4	4.750					95	100
N° 8	2.360					80	100
N° 16	1.180					50	85
N° 30	0.600					25	60
N°50	0.300					5	30
N° 100	0.150					0	10
Fondo							
Total		500.00					MF

Anexo 2

FORMATO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Descripción	U. M.	Prueba 1	Prueba 2
Peso recipiente	gr		
Peso recipiente + muestra Húmeda	gr		
Peso recipiente + muestra seca	gr		
Peso de muestra húmeda	gr		
Peso de muestra seca	gr		
Peso de agua	gr		
Contenido de humedad	gr		

Anexo 3*FORMATO PARA PESO UNITARIO*

Descripción	U. M.	Prueba 1	Prueba 2
Peso recipiente + muestra apisonada	kg		
Peso de recipiente	kg		
Peso de muestra estado	kg		
Volumen del recipiente	m3		
Peso unitario	kg/m3		

Anexo 4*FORMATO PARA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN*

MUESTRA	AGREGADO FINO	M 1	M 2
Seca al horno seco	Densidad relativa		
Saturada superficialmente seca	Densidad relativa		
	Densidad relativa aparente		
Seca al horno seco	Densidad		
Saturada superficialmente seca	Densidad		
	Densidad aparente		
	Absorción		

Anexo 5*FORMATO PARA ENSAYO DE TEMPERATURA*

PORCENTAJE DE FIBRA DE VIDRIO	TEMPERATURA
%	°C
0	
2	
4	

Anexo 6*FORMATO PARA ENSAYO DE ASENTAMIENTO*

N° de prueba	Porcentaje de Fibra de vidrio	Asentamiento	
		pulg.	mm
1	0		
2	0		
3	0		
4	2		
5	2		
6	2		
7	4		
8	4		
9	4		

Anexo 7*FORMATO PARA ENSAYO DE COMPRESIÓN*

Dosis	DIMENSIONES			Fuerza	# días	
	L	L	Área		Resistencia	Resistencia promedio
%	cm	cm	cm ²	kg	kg/cm ²	kg/cm ²

Anexo 8*FORMATO PARA ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL*

Porcentaje de Fibra de Vidrio	Peso	DIMENSIONES				P. Max	Vm
		Largo	Ancho	Altura	Área		
%	Kg	cm	cm	cm	cm ²	Kg	Kg/cm ²
Resistencia promedio al corte						Kg/cm ²	
Desviación estándar (σ)						Kg/cm ²	

2. Tablas y fotos

Anexo 9

ENSAYOS A LA COMPRESIÓN A 7 DÍAS

Dosis	Dimensiones		Área	Fuerza	7 días	
	L	L			Resistencia	Resistencia promedio
%	cm	cm	cm ²	kg	kg/cm ²	kg/cm ²
0	5	5	25	5996.6	239.86	
0	5	5	25	4980.5	199.22	
0	5	5	25	4834.0	193.36	
0	5	5	25	4910.0	196.40	203.30
0	5	5	25	4995.5	199.82	
0	5	5	25	4965.9	198.64	
0	5	5	25	4894.6	195.78	
100	5	5	25	4758.7	190.35	
100	5	5	25	4956.5	198.26	
100	5	5	25	4623.5	184.94	
100	5	5	25	5001.0	200.04	194.60
100	5	5	25	4990.5	199.62	
100	5	5	25	4598.8	183.95	
100	5	5	25	5125.7	205.03	
300	5	5	25	5001.7	200.07	
300	5	5	25	4985.6	199.42	
300	5	5	25	4852.6	194.10	
300	5	5	25	5100.7	204.03	197.59
300	5	5	25	5125.9	205.04	
300	5	5	25	4985.5	199.42	
300	5	5	25	4525.6	181.02	

Nota: Se aprecia los datos de todos los ensayos a la compresión que se hizo a los 7 días en los moldes de forma cúbica.

Anexo 10.*ENSAYO A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS*

Dosis	Dimensiones		Área	28 días		
	L	L		Fuerza	Resistencia	Resistencia promedio
%	cm	cm	cm ²	kg	kg/cm ²	kg/cm ²
0	5	5	25	5330.5	213.22	
0	5	5	25	5252.0	210.08	
0	5	5	25	5300.5	212.02	
0	5	5	25	5399.6	215.98	211.79
0	5	5	25	5200.4	208.02	
0	5	5	25	5200.3	208.01	
0	5	5	25	5380.0	215.20	
100	5	5	25	5300.7	212.03	
100	5	5	25	5299.7	211.99	
100	5	5	25	5409.5	216.38	
100	5	5	25	5889.6	235.58	216.78
100	5	5	25	5425.6	217.02	
100	5	5	25	5345.6	213.82	
100	5	5	25	5266.5	210.66	
300	5	5	25	5450.5	218.02	
300	5	5	25	5495.6	219.82	
300	5	5	25	5485.5	219.42	
300	5	5	25	5354.2	214.17	219.62
300	5	5	25	5512.5	220.50	
300	5	5	25	5585.5	223.42	
300	5	5	25	5550.0	222.00	

Nota: Se aprecia los datos de todos los ensayos a la compresión que se hizo a los 28 días en los moldes de forma cúbica.

Anexo 11.**ENSAYO A LA COMPRESIÓN DIAGONAL A LOS 28 DÍAS AL 0%**

Porcentaje de Fibra de Vidrio %	Peso Kg	DIMENSIONES				P. Max Kg	Vm Kg/cm ²
		Largo cm	Ancho cm	Altura cm	Área cm ²		
0	61.99	60.55	12.05	61.25	733.85	5800	5.59
0	61.84	60.75	12.15	60.90	739.02	6800	6.51
0	62.64	61.10	12.15	61.50	744.80	7200	6.83
0	61.64	60.10	12.10	61.45	735.40	7500	7.21
0	61.74	60.60	12.10	61.25	737.19	7100	6.81
0	61.54	60.65	12.15	61.70	743.28	6300	5.99
0	61.84	60.95	12.15	61.45	743.58	6300	5.99
Resistencia promedio al corte						6.42	Kg/cm ²
Desviación estándar (σ)						0.45	Kg/cm ²

Nota: Se aprecia los datos de todos los ensayos a la compresión diagonal que se hizo a los 28 días al 0% de fibra de vidrio.

Anexo 12.**ENSAYO A LA COMPRESIÓN DIAGONAL A LOS 28 DÍAS AL 2%**

Porcentaje de Fibra de Vidrio %	Peso Kg	DIMENSIONES				P. Max Kg	Vm Kg/cm ²
		Largo cm	Ancho cm	Altura cm	Área cm ²		
2	62.55	60.55	12.10	60.95	735.95	5700	5.70
2	62.66	61.20	12.15	60.90	740.03	5800	5.95
2	62.98	61.10	12.15	61.25	744.28	7200	7.15
2	62.44	60.10	12.05	60.45	736.50	7400	7.25
2	61.99	61.20	12.10	61.25	734.00	7100	7.05
2	62.18	62.10	12.15	61.70	765.05	6300	5.95
2	61.34	60.05	12.10	62.05	762.14	6400	6.90
Resistencia promedio al corte						6.56	Kg/cm ²
Desviación estándar (σ)						0.53	Kg/cm ²

Nota: Se aprecia los datos de todos los ensayos a la compresión diagonal que se hizo a los 28 días al 2% de fibra de vidrio.

Anexo 13.*ENSAYO A LA COMPRESIÓN DIAGONAL A LOS 28 DÍAS AL 4%*

Porcentaje de Fibra de Vidrio	Peso	DIMENSIONES				P. Max	Vm
		Largo	Ancho	Altura	Área		
%	Kg	cm	cm	cm	cm ²	Kg	Kg/cm ²
4	62.98	60.75	12.15	61.30	736.95	5900	6.59
4	62.85	61.10	12.15	60.90	736.50	6800	7.35
4	62.85	61.10	12.10	61.50	742.50	7200	7.56
4	62.45	62.25	12.05	62.00	741.90	7500	7.61
4	63.05	61.15	12.10	61.25	760.15	7000	7.49
4	62.84	61.25	12.15	61.90	763.45	6500	7.23
4	63.01	60.95	12.05	61.65	712.10	6200	7.15
Resistencia promedio al corte						7.28	Kg/cm ²
Desviación estándar (σ)						0.77	Kg/cm ²

Nota: Se aprecia los datos de todos los ensayos a la compresión diagonal que se hizo a los 28 días al 4% de fibra de vidrio.

Anexo 14.*AGREGADO EN LOS TAMICES*

Anexo 15.*PESO DE LA MUESTRA***Anexo 16.***CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE*

Anexo 17.*NIVELACIÓN***Anexo 18.***LLENANDO RECIPIENTE*

Anexo 19.**MUESTRA EN ESTUFA****Anexo 20.****PESAMOS AGUA + AGREGADO + PICNÓMETRO**

Anexo 21.*PESO MUESTRA SECA***Anexo 22.***ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO A MEZCLA*

Anexo 23.*MORTERO EN ESTADO FRESCO***Anexo 24.***LLENADO DE MEZCLA*

Anexo 25.*MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO***Anexo 26.***PANEL RECTANGULAR*

Anexo 27.*PROBETA PATRÓN***Anexo 28.***FORMANDO CUBITOS DE MORTERO*

Anexo 29.

CUBOS DE MORTERO DE 50 x 50 cm

**Anexo 30.**

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN



Anexo 31.*PREPARACIÓN DEL MORTERO***Anexo 32.***CUBOS DE MORTERO AL 2% DE FIBRA DE VIDRIO LISTOS PARA EL
ENSAYO DE COMPRESIÓN*

Anexo 33.*PROCESO DE DISEÑO DE MEZCLA***Anexo 34.***ENSAYO DE COMPRESIÓN*

Anexo 35.*MUESTREO DE MUESTRA***Anexo 36.***PROCESO DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO*

3. Resolución de Decanato

Anexo 37



Trujillo, 25 de noviembre del 2022

RESOLUCIÓN N° 2311-2022-FI-UPAO

VISTO, el informe favorable del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis, titulado **"ANÁLISIS DE LA ADHERENCIA DE UN MORTERO DISEÑADO CON CEMENTO QHUNA Y ADICIONADO CON FIBRA DE VIDRIO AL 2% Y 4%"**, de los Bachilleres: **RAMÍREZ VALDIVIESO, JEAN CARLO y RODRÍGUEZ VERGARA, ALEXANDER JESUS**, del Programa de Estudio de Ingeniería Civil, y;

CONSIDERANDO:

Que, el Jurado Evaluador conformado por los señores docentes: **Ing. ROCIO DURAND ORELLANA**, Presidente; **Ing. CESAR CANCINO RODAS**, Secretario; **Ing. JOSE GALVEZ PAREDES**, Vocal; han revisado el Proyecto de Tesis, encontrándolo conforme, y;

Que, el Proyecto de Tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del informe elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, de acuerdo al Artículo 28° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, el Proyecto de Tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la Secretaría Académica de la Facultad;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos la Universidad y a las atribuciones conferidas a éste Despacho;

SE RESUELVE:

PRIMERO: APROBAR la modalidad de titulación solicitada por los Bachilleres: **RAMÍREZ VALDIVIESO, JEAN CARLO y RODRÍGUEZ VERGARA, ALEXANDER JESUS**, consistente en presentación, ejecución y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

SEGUNDO: APROBAR y DISPONER la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: **"ANÁLISIS DE LA ADHERENCIA DE UN MORTERO DISEÑADO CON CEMENTO QHUNA Y ADICIONADO CON FIBRA DE VIDRIO AL 2% Y 4%"**.

TERCERO: COMUNICAR a los Bachilleres que tienen un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar y sustentar su Tesis, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad del mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.



[Firma manuscrita]
Dr. Ángel Alancca Quenta
DECANO

C. Copia
 Archivo
 Programa de Estudio de Ingeniería Civil
 c. A.A.Q. © Karin

Nota: Se puede apreciar la Resolución Directiva recibida.

4. Constancia de Institución

Anexo 38



FACULTAD DE INGENIERÍA
Programa de Estudio de Ingeniería Civil

FORMATO: Permiso para el Uso de Laboratorio de Bachilleres

SOLICITO: PERMISO PARA USO DE LABORATORIOS

Señor Ms.

JORGE ANTONIO VEGA BENITES
Director del Programa de Estudio de Ingeniería Civil

Mediante el presente, **Ramírez Valdivieso, Jean Carlo** con ID **000145419** y **Rodríguez Vergara, Alexander Jesús** con ID **000146065**, bachilleres del Programa de Estudio de Ingeniería Civil, ante usted nos presentamos y exponemos.

Que, habiendo sido aprobado nuestro Proyecto de Tesis con **RESOLUCION N° 1305-2022- FI-UPAO** y siendo necesario el uso de laboratorio, se solicita el permiso para el ingreso al laboratorio de mecánica de suelos y laboratorio de concreto a fin de hacer uso de los equipos para el desarrollo de nuestra tesis, titulada:

“Análisis de la adherencia de un mortero diseñado con cemento qhuna y adicionado con fibra de vidrio al 2% y 4%”.

Sin otro particular y en espera de una respuesta favorable reitero a usted mis cordiales saludos.

Trujillo, 3 de diciembre del 2022

Br. Ramírez Valdivieso, Jean Carlo.
DNI: 47189188
Email: jramirezv8@upao.edu.pe
Celular: 953584025

Br. Rodríguez Vergara, Alexander Jesús.
DNI: 41356012
Email: arodriguezv12@upao.edu.pe
Celular: 949159838

Adjunto:

Resolución de Inscripción del Proyecto de Tesis



Trujillo
Av. América Sur 3145 Monserrate
Teléfono [+51] [044] 604444
anexos: 2242
Trujillo - Perú

Nota: Se puede apreciar el correo con la solicitud de permiso para el uso de laboratorio.

Anexo 39



PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL <pe_civil@upao.edu.pe> (enviado por sorbegosol1@upao.edu.pe)

14 dic 2022, 9:15

para JORGE, mi

Estimado Bachiller:

Buenos días, su solicitud ya está ATENDIDO.

Saludos cordiales,

Sarita Orbegoso
Secretaria de Ingeniería Civil

Nota: Se puede apreciar el correo con la respuesta para el uso de laboratorio.

5. Constancia del Asesor

Anexo 40