



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL

TEMA:

LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE
HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA
ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO.

AUTOR: CASTRO AGUIRRE JULIO CÉSAR

TUTOR: ING. M.SC. MARITZA ELIZABETH UREÑA AGUIRRE

Ambato – Ecuador

2016

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. M.Sc. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre certifico que la presente investigación bajo la modalidad de Trabajo Experimental *“LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO.”* realizado por el señor Julio César Castro Aguirre Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito.

Ambato, Mayo de 2016

Ing. M.Sc. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Julio César Castro Aguirre, con C.I. 160056978-2, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en la presente investigación “*LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO.*” son de mi completa autoría.

Ambato, Mayo de 2016

Julio César Castro Aguirre

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de éste Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en líneas patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste Trabajo Experimental, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Mayo de 2016

Julio César Castro Aguirre

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de Investigación, sobre el tema: *“LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO.”*, del Egresado Julio César Castro Aguirre de la Carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Mayo de 2016

Para constancia firman.

Ing. Mg. Santiago Medina
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Diego Chérrez Gavilanes
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo principalmente a Dios y a la Virgen Santísima de Agua Santa, quienes supieron darme fortaleza en los momentos más difíciles y por permitirme llegar hasta éste momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Marina Aguirre, por ser mi inspiración y la persona que me ha acompañado durante toda mi vida, que a pesar de las dificultades me supo sacar adelante con amor, responsabilidad y honradez. ¡Gracias mami!

A mi padre César Castro, por ser mi motivación y un pilar fundamental en mi vida, que con sus consejos supo guiarme para lograr mi objetivo.

A Roció Rubio y a mis hermanos José, César y Diego quienes han sido mi compañía y apoyo durante mi formación como profesional.

A mi familia y amigos que han estado apoyándome en el transcurso de este objetivo.

Julio César Castro Aguirre

AGRADECIMIENTO

A Dios por acompañarme durante todos los días, por su guía, bendición y fortaleza a lo largo de toda mi vida.

A toda mi familia, fuente de apoyo constante e incondicional que siempre han estado presente en todos los momentos de mi vida, gracias a ellos por enseñarme a luchar con responsabilidad y honestidad. Con lo que aprendí a ser responsable de mi vida y de mis sueños.

Gracias a cada una de las personas que son parte de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, a todos los docentes que impartieron sus conocimientos y amistad. Gracias a la Ing. M.Sc. Maritza Ureña por compartir sus conocimientos, por su paciencia y su apoyo.

A mis compañeros y amigos que me brindaron su apoyo, y por compartir momentos inolvidables.

Julio César Castro Aguirre

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
RESUMEN EJECUTIVO	XIV

B. TEXTO: INTRODUCCIÓN.....	XV
------------------------------------	-----------

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	4

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1.1 FIBRAS	5

2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS.....	5
2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS.....	6
2.1.4 MORTEROS	11
2.1.5 CLASES DE MORTEROS	12
2.1.6 COMPONENTES DEL MORTERO DE CEMENTO.....	14
2.1.7 AGREGADOS	16
2.1.8 PROPIEDADES DEL MORTERO.....	19
2.1.9 USOS DE LOS MORTEROS	21
2.1.10 ENSAYOS EN LOS MORTEROS	22
2.2 HIPÓTESIS.....	24
2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	24

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	26
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	27
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	29
3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	30

CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	31
4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	43

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	71
5.2 RECOMENDACIONES	73
C. MATERIALES DE REFERENCIA	74
1. BIBLIOGRAFÍA.....	74
2. ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla #1: Tipos de Mortero, Dosificación y Resistencia Mínima a la Compresión a los 28 días.....	13
Tabla #2: Especificación Granulométrica del Agregado Fino.....	17
Tabla #3: Cuadro Resumen – Metodología	33
Tabla #4: Densidad Real del Cemento.....	33
Tabla #5: Granulometría del Agregado Fino (Arena).....	34
Tabla #6: Peso Unitario Suelto del Agregado Fino (Arena).....	35
Tabla #7: Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Fino (Arena) ...	36
Tabla #8: Cantidades para un m ³ de Mortero – Dosificación No.1	39
Tabla #9: Porcentaje de Fibra para un m ³ de Mortero – Dosificación No.1	39
Tabla #10: Cantidades para un m ³ de Mortero – Dosificación No.2	42
Tabla #11: Porcentaje de Fibra para un m ³ de Mortero – Dosificación No.2.....	42
Tabla #12: Resistencia a la Compresión - Mortero Tradicional	43
Tabla #13: Resistencia a la Compresión - Mortero con Fibra de Vidrio	44
Tabla #14: Resistencia a la Compresión - Mortero con Fibra de Polipropileno.....	45
Tabla #15: Resistencia a la Compresión – Mortero con Fibra de Acero	46
Tabla #16: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería – Mortero Tradicional	47
Tabla #17: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería – Mortero con Fibra de Vidrio	48
Tabla #18: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería – Mortero con Fibra de Polipropileno.....	49
Tabla #19: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería – Mortero con Fibra de Acero.....	50
Tabla #20: Resistencia de Adherencia - Mortero Tradicional	51
Tabla #21: Resistencia de Adherencia - Mortero con Fibra de Vidrio	52
Tabla #22: Resistencia de Adherencia - Mortero con Fibra de Polipropileno.....	53
Tabla #23: Resistencia de Adherencia - Mortero con Fibra de Acero.....	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico #1: Tipos de Fibras de Polipropileno.....	8
Gráfico #2: Fibra de Vidrio.....	9
Gráfico #3: Diferentes Formas de Fibras de Acero.	10
Gráfico #4: Ensayo de Ladrillos Cruzados	23
Gráfico #5: Determinación del Contenido del Cemento – Dosificación No.1	37
Gráfico #6: Determinación de la Relación Agua = Cemento – Dosificación No.1 ..	38
Gráfico #7: Determinación del Contenido del Cemento – Dosificación No.2	40
Gráfico #8: Determinación de la Relación Agua = Cemento – Dosificación No.2..	41
Gráfico #9: Resistencia a la Compresión Real del Mortero de la Dosificación No.1 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 0,5%	55
Gráfico #10: Resistencia a la Compresión Real del Mortero de la Dosificación No.1 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 1,0%	56
Gráfico #11: Resistencia a la Compresión Real del Mortero de la Dosificación No.2 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 0,5%	57
Gráfico #12: Resistencia a la Compresión Real del Mortero de la Dosificación No.2 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 1,0%	58
Gráfico #13: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería Unido con Mortero de la Dosificación No.1 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 0,5%.....	59
Gráfico #14: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería Unido con Mortero de la Dosificación No.1 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 1,0%.....	60
Gráfico #15: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería Unido con Mortero de la Dosificación No.2 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 0,5%.....	61
Gráfico #16: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería Unidos con Mortero de la Dosificación No.2 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 1,0%.....	62
Gráfico #17: Resistencia de Adherencia entre Unidades de Mampostería Unido con Mortero de la Dosificación No.1 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 0,5%.....	63
Gráfico #18: Resistencia de Adherencia entre Unidades de Mampostería Unido con Mortero de la Dosificación No.1 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 1,0%.....	64
Gráfico #19: Resistencia de Adherencia entre Unidades de Mampostería Unido con Mortero de la Dosificación No.2 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 0,5%.....	65

Gráfico #20: Resistencia de Adherencia entre Unidades de Mampostería Unido con Mortero de la Dosificación No.2 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 1,0%	66
Gráfico #21: Resistencia a la Compresión y Adherencia del Mortero de la Dosificación No.1 Incorporado Fibra de Polipropileno Vs. Porcentajes de Fibra de Polipropileno.....	67
Gráfico #22: Resistencia a la Compresión y Adherencia del Mortero de la Dosificación No.2 Incorporado Fibra de Polipropileno Vs. Porcentajes de Fibra de Polipropileno.....	68
Gráfico #23: Resistencia a la Compresión y Adherencia del Mortero de la Dosificación No.1 Incorporado Fibra de Polipropileno Vs. 0,5% de Fibra de Polipropileno.....	69

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO.”

Para el desarrollo de esta investigación en la primera etapa del proyecto se realizaron ensayos de laboratorio para el cemento y el agregado fino, con el objetivo de analizar las características mecánicas de los materiales que constituyen el mortero.

Posteriormente se estableció las cantidades de cada dosificación en función a los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio y la resistencia mínima a la compresión a los 28 días según lo determinado en la Sección 7 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC 2015.

A partir de estas dosificaciones se elaboraron muestras de mortero con 0,5% y 1,0% de fibra en relación a la suma del peso del cemento y arena que componen el mortero, con lo que se determinó experimentalmente la resistencia real del mortero según lo establecido en la Norma ASTM C109, resistencia de prismas de mampostería según lo dispuesto en la Sección 7 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 y resistencia de adherencia tomando como referencia lo establecido en la Norma ASTM C952.

Finalmente se optó el tipo de fibra y porcentaje de fibra que conjuntamente con el mortero de cemento tradicional presentaron mejores resistencias en los distintos ensayos, con la finalidad de sugerir como un material de construcción compuesto a ser utilizado en las diferentes obras de ingeniería civil.

B. TEXTO: INTRODUCCIÓN

El mortero de cemento es utilizado en la construcción como mortero de pega, mortero de relleno y mortero de recubrimiento, se caracteriza por estar constituido por un material cementante, agregado fino y agua. Su principal característica en estado fresco es su manejabilidad, debido a que no presenta agregado grueso dentro de la matriz.

Nuevos procesos constructivos están innovando las técnicas tradicionales de la elaboración de los morteros, a los cuales se está añadiendo diferentes tipos de fibras con la finalidad de formar un material de construcción compuesto con mejores características a las que presentan de forma individual cada material, el mortero reforzado está constituido por una matriz de un mortero tradicional y fibras de origen natural o artificial, colocadas de forma dispersa y con una orientación al azar.

Las características mecánicas que se pueden mejorar con la incorporación de las fibras son las siguientes: resistencia a la compresión, resistencia a tensión, resistencia al agrietamiento, resistencia al impacto y resistencia al fuego.

El uso de fibras en los morteros se da con una variedad de materiales de origen natural o artificial, que dependiendo de su composición actúan como refuerzo de forma favorable o desfavorable dentro de la masa. Las fibras son definidas como filamentos delgados, cortos y discontinuos.

En el presente proyecto se estudiará el comportamiento al incorporar a los morteros de cemento tradicionales fibra de vidrio, acero y polipropileno en un porcentaje de 0,5% y 1,0%, con la finalidad de analizar la resistencia a la compresión real del mortero, resistencia a la compresión de prismas de mampostería y resistencia de adherencia.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO.

1.2 ANTECEDENTES

El presente trabajo se fundamenta en investigaciones previas donde se plantea como objetivo mejorar las características de los morteros de cemento con la incorporación de fibras artificiales.

A continuación se explica criterios de investigaciones ya realizadas lo cual servirá como orientación para la presente investigación.

A. Enfedaque, D. Cendón, F. Gálvez, V. Sánchez-Gálvez (2009) en su trabajo de investigación “Envejecimiento y pérdida de propiedades en los morteros de cemento reforzados con fibra de vidrio (GRC)”, resaltan que de la unión del mortero con las fibras de vidrio se forma un material de construcción con mejores características, proporcionando mayor resistencia a tensión debido a las propiedades de las fibras de vidrio que se encuentran en longitudes cortas introducidas en el mortero.

Jonh Sotomayor (2012) en su tesis de grado “Estudio comparativo del comportamiento estructural de paredes de mampostería con bloques de arcilla reforzada con fibras artificiales (polipropileno) y su durabilidad”, enfatiza que la fibra de polipropileno agregada en un porcentaje adecuado a la mezcla del mortero permite mantener buena trabajabilidad y conservar la cantidad de agua de mezclado.

Patricia Mármol (2010) en su trabajo de Master “Hormigones con fibras de acero, características mecánicas”, resalta que se reduce la trabajabilidad de la mezcla al incorporar fibras de acero en la matriz del mortero. Además menciona que las fibras de acero tienen un alto costo al ser comparadas con las fibras de vidrio y polipropileno.

Jesús Osorio (2013) en su trabajo de investigación “El concreto reforzado con fibras de vidrio”, indica que las fibras de vidrio presentan una gran facilidad de trabajo y manejabilidad, conservando así las características principales del mortero en estado fresco. También menciona que con la incorporación de las fibras de vidrio se logra disminuir las fisuras.

La propuesta y desarrollo de los trabajos de investigación señalados permiten guiar la presente investigación a mejorar ciertas características mecánicas de los morteros de cemento.

En la presente investigación al añadir un porcentaje adecuado de fibras de vidrio, acero y polipropileno a los morteros de cemento tradicionales, se tendrá un material de construcción que pretende tener mejores características de resistencia a la compresión y adherencia.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El uso adicional de nuevos materiales en la elaboración de los morteros de cemento está innovando los procesos constructivos tradicionales, con la finalidad de generar mayor resistencia y adherencia entre el mortero y las unidades mampostería; países con un alto nivel de peligrosidad sísmica como Chile, han implementado en la construcción de elementos no estructurales utilizando fibras de refuerzo. [4]

Los sismos que han afectado a los países de Latinoamérica en los últimos 100 años destacan la necesidad de mejorar la calidad de los materiales usados en la construcción de los edificios de albañilería, y en particular de los morteros, con el propósito de conseguir buena adherencia entre las unidades de mampostería. [2]

Los morteros tradicionales y más utilizados que se elaboran en nuestro país están compuestos por mezclas constituidas por agregados finos, aglomerantes (cemento) y agua. Presentan propiedades favorables, como la facilidad de trabajo y un gran problema como es un alto nivel de humedad, asociado con la calidad de mampostería que se comercializa ya que por su poca velocidad de perder agua tienen características altas de humedad.

La utilización de la fibra tiene también como intención disminuir las fisuras y aumentar la resistencia de los diferentes morteros. Al encontrarse las fibras homogéneamente distribuidas, constituyen una micro-armadura que contrarresta la fisuración por retracción. [5]

Con el propósito de mermar el impacto ambiental se están utilizando las fibras de vidrio, acero y plástico de materiales reciclados.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo General:

Analizar el comportamiento de los morteros de cemento añadiendo fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, utilizados para unir mampostería.

Objetivos Específicos:

- Definir las dosificaciones de los morteros con diferentes porcentajes de fibra de refuerzo.
- Analizar el comportamiento de las diferentes muestras mediante el ensayo de resistencia a la compresión.
- Comparar la resistencia a la compresión y el comportamiento de adherencia en las diferentes muestras.
- Realizar un análisis de la muestra con mortero y fibra de refuerzo que presente las mejores características y compararlo con una muestra de mortero tradicional.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 FIBRAS

Introducción

El uso de las fibras en la construcción de albañilería surge desde tiempos antiguos, teniendo su origen en la utilización de la paja para reforzar ladrillos de adobe y el pelo de caballos usado para reforzar morteros para pegar mampostería. Actualmente se usan las fibras en la mayoría de los materiales de construcción con la finalidad de mejorar sus propiedades.

Definición

Algunos textos definen a las fibras como filamentos finos, cortos y discontinuos, de algún material natural o manufacturado. Al ser delgados tienen la facilidad de doblarse y dependiendo del tipo de fibra, pueden mejorar ciertas características y propiedades mecánicas de los hormigones y morteros.

Entre las propiedades que se pueden mejorar al incorporar el uso de fibras, se encuentra: la resistencia a la compresión, resistencia a tensión, resistencia al agrietamiento, resistencia al impacto y resistencia al fuego.

2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS

De acuerdo al código A.C.I 544 se establece la siguiente clasificación:

- Fibra Natural: bagazo de caña de azúcar, coco, yute, maguey, bambú.
- Fibra Sintética: acrílica, carbono, nylon, poliéster, polipropileno.
- Fibra de Vidrio
- Fibra de Acero

2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS

Fibra Natural

A la fibra natural se la puede clasificar de acuerdo a su origen en orgánico y mineral. De las fibras naturales las que mayor uso tienen son las de origen orgánico las más conocidas son las fibras vegetales, las mismas que tienen diferentes formas y tamaños. También se les puede considerar como fibras vegetales a elementos livianos como el corcho, el aserrín y la viruta de madera, que pueden reemplazar a los agregados produciendo hormigones ligeros.

Ventajas

- Son materiales económicos, debido a la facilidad de su obtención.
- Poseen buenas propiedades acústicas y térmicas.
- Resistentes a tracción.

Desventajas

- No duran mucho tiempo, aproximadamente de 2 a 5 años.
- Son vulnerables a los agentes biológicos.
- Son frágiles al fuego.

Fibra Sintética

Son fibras artificiales que resultan de la investigación en las industrias petroquímicas y textiles. Existen dos formas diferentes de fibras sintéticas: las de multifilamentos y las producidas de cinta de fibrilla, se caracterizan por tener elevada resistencia a la tensión. Las más utilizadas para reforzar hormigones y morteros son las fibras de polipropileno.

Fibra de Polipropileno

La fibra de polipropileno fue una de las fibras pioneras en el mercado para el uso de morteros de cemento. Son producidas por estiramiento de polímeros sintéticos ya sean

en monofilamentos de sección circular o en finas láminas planas. Se encuentran individualmente por lo que actúan como refuerzo dentro de la masa, reduciendo los agrietamientos por contracción plástica en estado fresco, y los agrietamientos por temperatura en estado endurecido. Las fibras de polipropileno son incoloras, de entretejido pequeño y se caracterizan por ser muy estables, presentan una superficie impermeable por lo que no quita agua de mezclado.

Las dimensiones y formas de las fibras de polipropileno son variables, por lo que pueden clasificarse en:

- Micro-fibra: $< 0,30$ mm de diámetro
- Macro-fibra: $\geq 0,30$ mm de diámetro

Las fibras de polipropileno al ser añadidas en la matriz (hormigón o mortero), se dispersan de forma igual en todo el volumen de mezcla. A pesar de ser un elemento discontinuo, aporta continuidad al volumen, por lo que al fracturarse no se separan.

Ventajas

- No absorben agua.
- Son estables y livianas dentro de la mezcla.
- Su baja densidad hace que éste tipo de fibras queden embebida en el hormigón o mortero, de forma que no afloran a la superficie.
- Disminuyen las fisuras en el hormigón.
- Aumentan la resistencia al impacto.

Desventajas

- Poseen un bajo módulo de elasticidad.
- Tienen baja capacidad de adherencia a la matriz, debido a que no absorben agua durante la mezcla ni el posterior fraguado.

Para su uso se encuentran en diferentes formas: monofilamento ondulado, fibrilada y multifilamento liso.

Gráfico #1: Tipos de Fibras de Polipropileno



Fuente: THE ABERDEEN GROUP, 1983.

Diferentes estudios consideran a las fibras de polipropileno como un aditivo de reforzamiento que con un porcentaje adecuado de fibra mejoran ciertas características mecánicas de los morteros y hormigones.

Fibra de Vidrio

La fibra de vidrio es de origen mineral y se da como resultado a una serie de procesos de transformación de los diferentes materiales que la componen, como son: arena de sílice, que es un material compuesto de fibras continuas o discontinuas a la cual se añade otros componentes como cal, alúmina y magnesia, así como determinados óxidos.

Las fibras de vidrio se conforman de hebras delgadas, poseen una gran facilidad de trabajo y manejabilidad por lo que se adaptan fácilmente a los diferentes procesos constructivos. Se incorporan de manera fácil dentro de la matriz, sin que se produzcan

problemas en la trabajabilidad, proporcionando a la mezcla una alta resistencia al fuego, a la corrosión y al ataque biológico de microorganismos.

Las fibras de vidrio se utilizan como material de refuerzo debido a las siguientes razones:

- Es un buen aislante térmico y resistente a elevadas temperaturas.
- Son químicamente inertes, muy útiles en ambientes corrosivos.

Gráfico #2: Fibra de Vidrio



Fuente: MACCAFERRI, Nahan "Manual de Fibras para Concreto"

Ventajas

- Son livianas
- Resistentes a la corrosión y ataques biológicos de microorganismos.
- Disminuye el agrietamiento del hormigón por contracción plástica.
- Aumenta la resistencia al impacto.
- Presenta una alta resistencia a tracción.

Desventajas

- Son atacadas por los álcalis del cemento, por lo que la fibra pierde resistencia.
- Con el paso del tiempo pierden ductilidad y resistencia a tracción.

Fibra de Acero

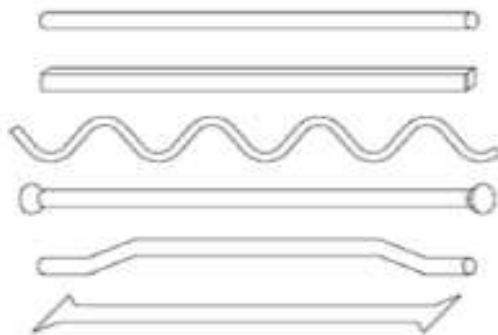
Las fibras de acero son elementos de corta longitud y pequeña sección, que han ido variando desde un simple alambre cortado en trozos a las fibras actuales, con longitud, diámetros equivalentes y con formas muy diversas, ya sean lisas, onduladas con extremos cónicos o de gancho, entre otras.

Una de las características considera como principal para su aplicación es su esbeltez, que tiene relación con la longitud L y el diámetro equivalente D_e , $\lambda = L/D_e$, esbeltez.

La norma ASTM A820 establece la siguiente clasificación según su proceso de fabricación:

- i. Trefiladas: fibras de alambre conformado a frio.
- ii. Láminas cortas: fibras cortadas de chapas de acero.
- iii. Extractos fundidos: las fibras extraídas por fundición.
- iv. otras fibras

Gráfico #3: Diferentes Formas de Fibras de Acero.



Fuente: Blanco A. "Durabilidad del hormigón con fibras de acero"

Se han empleado en la fabricación de morteros y hormigones las fibras de acero debido a que su módulo de elasticidad es diez veces mayor que el del hormigón, principalmente se han aplicado con el fin de mejorar la resistencia al impacto y resistencia a la fisuración.

Ventajas

- Mejoran la resistencia a tracción, flexión y corte.
- Presentan buenas características al impacto.
- Dan mayor resistencia ante diferentes tipos de cargas.

Desventajas

- Presentan un alto nivel de oxidación, si se encuentran expuestas a la superficie.
- En la mezcla reducen la trabajabilidad, debido al tamaño de su longitud y diámetro.

2.1.4 MORTEROS

Introducción

El mortero es considerado como un material importante en las obras de albañilería por lo que se ha utilizado desde la antigüedad, y con el transcurso de las épocas se han ido mejorando sus propiedades. Entre los usos que se les puede dar a los morteros destacan como mortero de pega, mortero de relleno y mortero de recubrimiento. En nuestro país el mortero es preparado en obra y tiene un amplio uso, en los que resalta como material de revoque y como material para pegar mampostería. La norma ASTM C270, menciona que la clasificación de los morteros debe ser bien por sus propiedades o por sus proporciones.

Los morteros se caracterizan por tener las siguientes particularidades:

- Pueden ser mezclados en planta, premezclados secos o elaborados en obra.
- Poseen una relación de dosificación 1: n, tomado al aglomerante como unidad (Ej. 1:3 o 1:6), queriendo indicar una parte de aglomerante (cal o cemento) por otra de arena.

Entre los morteros que más se utilizan en la construcción por tener mejores propiedades y características que dependen de sus proporciones, están los morteros de

cemento, que se caracterizan por presentar una alta resistencia inicial una vez que el mortero haya endurecido.

Definición

Los morteros son mezclas formadas por un material aglomerante (cemento, cal, yeso, etc.), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y en algunos casos aditivos, la diferencia con el hormigón es que no contiene agregado grueso. La característica principal del mortero es endurecerse con el tiempo, formando así una masa común con los materiales que une.

2.1.5 CLASES DE MORTEROS

Las diferentes clases de morteros dependen de sus componentes y de la aplicación en que van a ser utilizados, por lo que pueden ser:

Mortero Simple

Interviene únicamente el aglomerado, disuelto en la cantidad de agua suficiente para formar una masa pastosa.

Mortero de Tierra

Se forma con agua y tierra, la tierra a ser usada debe ser arcillosa para que pueda adherir las unidades de mampostería, se ha reducido su ámbito de aplicación debido a que presenta un alto nivel de humedad, además su endurecimiento no se da por fraguado sino por la evaporación del agua.

Mortero de Yeso

El mortero de yeso es usado en diferentes procesos de la construcción y existen diferentes tipos de morteros que dependen de la clase de yeso aplicada. Los que mayor uso tienen, son los morteros de yeso blanco ordinario que se usa para revoque,

cielo-rasos, etc. La resistencia de los morteros de yeso crece a medida que transcurre el tiempo como ocurre con los morteros de cemento, sin embargo tiene una resistencia inferior al ser comparado con la resistencia de los morteros de cemento.

Entre las desventajas que presentan los morteros de yeso es que se adhieren mal a los mampuestos y casi nada a la madera.

Morteros Hidráulicos

Son considerados como morteros compuestos que tiene la particularidad de fraguar bajo el agua, su aglomerante puede ser la cal hidráulica, el cemento o ambos a la vez.

Mortero de Cemento

Los morteros de cemento se caracterizan por tener una alta resistencia, la mezcla debe ser aplicada de modo continuo debido al rápido fraguado del cemento. Su uso es aconsejable cuando se busca gran trabajabilidad, buena retención de agua y alta resistencia. El tipo de cemento empleado en los morteros es el cemento portland.

En la Sección 7 de la NEC 2015 se establece las siguientes dosificaciones para morteros de cemento.

Tabla #1: Tipos de Mortero, Dosificación y Resistencia Mínima a la Compresión a los 28 días

Tipo de Mortero	Resistencia mínima a la compresión a los 28 días (MPa)	Composición en partes por volumen	
		Cemento	Arena
M20	20,0	1	2,5
M15	15,0	1	3,0
M10	10,0	1	4,0
M5	5,0	1	6,0
M2,5	2,5	1	7,0

Fuente: NEC, 2015

La clasificación que se presenta en la Tabla #1 es para los morteros de cemento que se utilizan para unir mampostería, además la Norma Ecuatoriana de la Construcción establece que los morteros de pega, deben cumplir con la norma NTE INEN 0247 (ASTM C207). Los mismo que deben tener buena plasticidad, consistencia y ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento; y además garantizar su adherencia con las unidades de mampostería para desarrollar su acción cementante.

En los morteros de cemento las características de la arena, tales como, la granulometría, módulo de finura, forma y textura de las partículas, así como el contenido de materia orgánica, son factores que influyen directamente en la calidad.

2.1.6 COMPONENTES DEL MORTERO DE CEMENTO

Cemento

Se considera al cemento como un ligante hidráulico debido a que al contacto con el agua puede endurecer ya sea en el aire o debajo del agua. Su uso más general es en combinación de otros materiales, donde sobresale como material para la fabricación de morteros y hormigones.

Clasificación

Hay varias formas de clasificación dependiendo del fraguado, la composición química y la aplicación.

- Con relación al tiempo de fraguado, pueden ser cementos de fraguado rápido y lentos.
- Por su composición química se denomina cementos naturales, portland, escorias, puzolánicos, aluminosos sulfatados, etc.
- Por su aplicación, de alta resistencia inicial, resistente a los sulfatos.

Cemento Portland

De todos los cementos el cemento portland es el que tiene mayor aplicación en las obras de albañilería, el origen del cemento portland se le atribuye a José Aspid que lo patentó en 1824. El cemento portland es un aglomerante hidráulico el cual tiene como materia prima la piedra caliza, la cual se obtiene de la mezcla de 60% de caliza + 40% de arcilla, las mismas que presentan las cantidades precisas de arcilla para la fabricación del cemento.

La fabricación del cemento Portland consiste en mezclar y reducir la materia prima (piedra caliza) hasta una finura similar a la de la harina, la cual se puede hacer por vía seca o vía húmeda dependiendo de las condiciones en las que se encuentre la piedra caliza. La mezcla se muele en molinos con bolas de acero hasta un alto grado de homogeneidad y finura. Luego la mezcla es llevada a cocción en hornos giratorios a grandes temperaturas de aproximadamente 1450°C, resultando del proceso unas bolas llamadas clínker de más o menos 1 cm de diámetro, se llama clínker al producto resultante de la calcinación hasta un principio de fusión, una vez enfriado el clínker se aplica en el proceso de molido una pequeña cantidad de yeso (3% a 4%) que actúa como regulador de fraguado regulando la velocidad de endurecimiento, dando así como resultado el cemento.

Características Físicas del Cemento

Densidad Relativa

La densidad relativa de los cementos portland varía de 2,90 a 3,15 gr. /cm³.

Finura de Molido

Es de mucha importancia que el cemento tenga una gran finura ya que los granos de cemento se hidratan únicamente hasta una profundidad de 0,01 mm, por lo que, si son mayores de 0,02 mm quedará en su interior un núcleo inerte, bajando el rendimiento. Se determina la finura de molido de un cemento cerniéndole con un juego de tamices de 900 y 4900 mallas por centímetro cuadrado.

Fraguado

Es importante distinguir dos periodos de fraguado, el principio del fraguado, que es el tiempo transcurrido desde que se añade el agua hasta que la pasta pierde parcialmente la plasticidad (trabajabilidad); y el final del fraguado, que es el tiempo transcurrido desde que se empezó a amasar hasta que adquiere consistencia para resistir una cierta presión, tal que, al añadir más agua no sufre alteración de ningún tipo. Entre los factores que influyen en la duración del fraguado están: la finura del cemento, la cantidad de agua, las propiedades de los áridos y la temperatura.

Estabilidad de Volumen

El cemento una vez amasado debe conservar la forma que se le ha dado, la expansión de un cemento se cree es debida a una lenta hidratación de algunos de sus componentes después de fraguado.

Resistencias Mecánicas

La calidad de un cemento se aprecia por la resistencia que es capaz de desarrollar una vez fraguado y endurecido.

2.1.7 AGREGADOS

El agregado que se utiliza para la mezcla de morteros es el agregado fino o arena, denominando así por tener una fracción menor de 5mm. Las mejores arenas son consideradas las de río ya que en su mayoría no poseen limos. En los morteros el agregado fino interviene como material inerte dando solidez a la masa, y evita el resquebrajamiento que se produce si se aplica solo el aglomerante (cal o cemento).

Para que la arena sea la adecuada debe cumplir con lo especificado en la Norma ASTM C33 donde se estable los límites que debe cumplir la granulometría, que consistente en la distribución de los tamaños de las partículas que conforman la masa del agregado.

Tabla #2: Especificación Granulométrica del Agregado Fino

TAMIZ ASTM	PORCENTAJE QUE PASA LOS TAMICES SEGÚN ASTM - C33		
	Arena Natural	Arena de trituración	Arena para hormigón
No. 4 (4,75 mm)	100	100	95 – 100
No. 8 (2,36 mm)	95 – 100	95 – 100	80 – 100
No. 16 (1,18 mm)	70 – 100	70 – 100	50 – 85
No. 30 (0,60 mm)	40 – 75	40 – 75	25 – 60
No. 50 (0,30 mm)	10 – 35	20 – 40	10 – 30
No. 100 (0,15 mm)	2- 15	10 – 25	2 – 10
No.200 (0,075 mm)	0 – 0	0 – 10	-
Módulo de finura:	2, 83 – 1.75	2.65 – 1.60	3.38 – 2.15

Fuente: ASTM

También se debe controlar el módulo de finura (MF) que es un parámetro que indica una idea del grosor o finura del agregado.

Propiedades del Agregado Fino

Granulometría

Es la distribución de los distintos tamaños de los granos que componen el agregado fino, que se obtiene mediante el ensayo de tamizado de una muestra con los tamices de la serie de Tyler, con la finalidad de comprobar el cumplimiento de la distribución granulométrica según las especificaciones de las diferentes normas a ser empleadas. La granulometría del agregado fino debe cumplir con los límites de las norma ASTM C33.

Se puede considerar diferentes tipos de granulometría de acuerdo a la distribución de sus partículas:

- Bien graduadas, el agregado presenta una distribución uniforme de mayor a menor.
- Mal graduada, presenta discontinuidad entre los porcentajes de cada tamiz.

- Uniforme, se da cuando el agregado tiene partículas del mismo tamaño.
- Abierta o discontinua, se da cuando en ciertos tamices no se ha retenido material.

Módulo de Finura

El módulo de finura (MF) se obtiene según la norma ASTM C125, sumando los porcentajes acumulados retenidos en los tamices No.100, No.50, No.30, No.16, No.8, No.4, 3/8" y dividiendo la suma para 100. Además se recomienda que el módulo de finura se encuentre en los rangos establecidos por la norma, donde un valor menor indica una arena fina, un valor intermedio indica una arena de finura media y un valor mayor una arena gruesa.

Densidad Relativa

La densidad relativa, usualmente conocida como densidad real, es aquella utilizada generalmente para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en varias mezclas. La mayoría de los agregados naturales tienen densidades relativas entre 2.4 y 2.9 gr. /cm³. La densidad relativa se obtiene mediante el ensayo especificado en la NTE INEN 856.

Contenido de Humedad

Es la cantidad de agua que contiene el agregado, que se obtiene mediante la relación del peso del agua contenida y el peso de su fase sólida, y se lo expresa como porcentaje.

Peso Volumétrico Suelto

El peso volumétrico es la relación entre el peso de un material suelto y el volumen ocupado por el mismo, se expresa en kg. /m³. El peso volumétrico se obtiene mediante el ensayo especificado en la NTE INEN 858.

AGUA

El agua de amasado de los morteros no debe contener sustancias en suspensión o disueltas que alteren el fraguado del cemento.

2.1.8 PROPIEDADES DEL MORTERO

Propiedades en Estado Fresco

Manejabilidad

La manejabilidad o trabajabilidad es considerada como una propiedad importante dentro del estado fresco de un mortero, y se define como la facilidad que presenta el mortero al aplicarse sobre las superficies a recubrir o sobre las unidades de mampostería. Tiene relación con la consistencia, la cual nos dice que tan seca o que tan fluida se encuentra la mezcla. La trabajabilidad depende de la granulometría de la arena y de la cantidad de agua usada, se mide mediante la fluidez, donde una fluidez de 80% - 100% es de consistencia seca y se utiliza para reparaciones, recubrimientos de túneles y pisos. Una fluidez de 100% - 120% es de consistencia plástica y se utiliza para pega de mampostería y revestimientos. Y una fluidez de 120% - 150% es de consistencia húmeda y se utiliza para rellenos de mampostería estructural.

Retención de Agua

La retención de agua del mortero es la capacidad que tiene para mantener su plasticidad cuando está en contacto con una superficie absorbente (mampostería) evitando que pierda rápidamente el agua de mezcla. La retención de agua influye principalmente en la velocidad de endurecimiento y en la resistencia final, considerando que la velocidad de endurecimiento de un mortero se da en los tiempos de fraguado inicial y final que van de 2 a 24 horas, que depende de los porcentajes de los diferentes morteros y de las condiciones ambientales como el clima y la humedad. Un mortero que no presente retención de agua no permitirá la hidratación del cemento y por lo tanto presentará una resistencia final muy baja.

Contenido de Aire en el Mortero

El aire naturalmente incluido en un mortero es producido por efectos mecánicos, ya que al mezclar los materiales un porcentaje de aire es atrapado naturalmente que puede variar de 3% a 7% que depende de la granulometría de la arena utilizada y del tiempo de mezcla.

Adherencia del Mortero en Estado Fresco

Es la capacidad que tiene el mortero para adherirse a la superficie en la cual se emplea, con una resistencia al deslizamiento después de ser aplicado.

Propiedades en Estado Endurecido

Retracción

La retracción es el cambio de volumen que experimenta el mortero durante el proceso de fraguado y principio de endurecimiento. Lo cual se produce por la pérdida de agua tras la hidratación del cemento debido a que en lugares calurosos el agua de mezclado suele evaporarse, produciendo tensiones internas en el mortero para luego ser evidenciado por la formación de fisuras.

Adherencia

Es la capacidad que tiene el mortero de pegarse a la superficie y se evidencia principalmente en los morteros usados para unir mampostería por medio de la resistencia a la tracción. La adherencia tiene relacionada con la capacidad de retención de agua y la resistencia. Por lo que en las unidades de mampostería, para tener una buena adherencia se recomienda que la superficie del bloque no sea tan rugosa y un nivel de absorción adecuado para permitir la unión mecánica del mortero. La adherencia en estado endurecido es considerada una de las propiedades más importantes debido a que una baja adherencia puede causar desprendimientos de las piezas de mampostería o del revestimiento fijado por el mortero.

Resistencia a la Compresión

Cuando el mortero es usado para unir mampostería actúa como un material resistente, es por esto que la Norma Ecuatoriana de la Construcción especifica una resistencia mínima a la compresión que depende del tipo de mortero a ser empleado. La resistencia a la compresión del mortero es proporcional a la cantidad de cemento utilizado en la mezcla, por lo que a una mayor cantidad de cemento tenemos una mayor resistencia, también tiene relación con la granulometría de la arena, ya que un mortero con arena gruesa da mayor resistencia.

2.1.9 USOS DE LOS MORTEROS

Los morteros no son utilizados como función estructural, por lo que se usa en recubrimientos, para pega de mampostería y de rellenos.

Morteros de Pega

Deben tener cualidades especiales y una resistencia adecuada, ya que deben absorber esfuerzos de tensión y compresión.

Morteros de Relleno

Se utilizan para llenar las celdas de los elementos en la mampostería y deben tener una adecuada resistencia.

Morteros de Recubrimientos

No tienen función estructural y su finalidad es proporcionar una superficie uniforme para aplicar la pintura, en comparación con los otros usos no requieren una resistencia determinada.

2.1.10 ENSAYOS EN LOS MORTEROS

Resistencia a la Compresión de Prismas de Ladrillo

El espécimen para determinar la resistencia a la compresión (f'_m) de prismas de mampostería, consiste en prismas de unidades asentadas una sobre otra con una junta de mortero de 2 a 3 centímetros.

Para la construcción de los especímenes en la Sección 7 de la Norma Ecuatoriana de Construcción 2015, recomienda que como mínimo deben estar conformadas por tres hileras y la longitud del prisma debe ser mayor o igual al espesor. Además su esbeltez que es la relación que existe entre la altura y el espesor del prisma debe ser mayor o igual a tres.

Los especímenes deben almacenarse y ser curados durante los primeros 14 días, durante las últimas semanas deben mantenerse descubiertos en las condiciones ambientales del laboratorio.

Al menos 24 horas antes de su ensayo los prismas deben refrentarse en sus extremos con una capa de yeso para luego ser ensayados a compresión axial a la edad de 28 días, el ensayo se realiza en una máquina universal de compresión, aplicando un ritmo de carga controlado hasta que el espécimen no admita más carga. El resultado del ensayo se obtiene de dividir esta carga última entre el área del testigo. [18]

Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (f'_m)

Según la Norma ASTM C109, se usan especímenes de 50 mm o 2 pulgadas, los especímenes tienen la forma de un cubo en los cuales se introduce el mortero en dos capas; el mismo que debe ser compactado por apisonados. Los cubos deben desamoldarse a las 24 horas y ser sumergidos en la cámara de curado hasta 2 horas antes de realizar el ensayo a la compresión axial en una máquina universal de

compresión, el resultado del ensayo se obtiene de dividir la carga máxima total para el área de la superficie cargada, se debe realizar el ensayo a los 28 días. [19]

Resistencia de Adherencia

Se realiza mediante el ensayo de tracción directa según la Norma ASTM C952, el método de ensayo usa un espécimen de unidades cruzadas, el cual mide la adherencia entre el mortero de pega y la unidad de mampostería, es decir la fuerza requerida para separar los elementos. El equipo de ensayo consiste en una máquina de ensayo a la compresión, con espacio adecuado para acomodar el espécimen de ladrillos cruzados y de en un juego de aplicadores de carga el cual debe tener las medidas apropiadas de acuerdo al tamaño de las unidades de mampostería.

Gráfico #4: Ensayo de Ladrillos Cruzados



Fuente: ASTM C952

El espécimen de ensayo está formado por dos ladrillos en cruz unidos por un mortero de pega, para su curado se recomienda almacenar los especímenes en una bolsa cerrada herméticamente por 7 días, luego de removerlos de la bolsa deben mantenerse descubiertos al aire ambiente del laboratorio. Se recomienda ensayar a los 28 días, en el cual se debe anotar la máxima carga aplicada que causa la falla del mismo y el tipo de falla. El resultado del ensayo se obtiene de dividir la carga total aplicada para el área de la sección transversal de adherencia. [20]

2.2 HIPÓTESIS

Las fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, aplicadas como fibras de refuerzo influyen en la resistencia a la compresión y adherencia de los morteros de cemento utilizados para unir mampostería.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 Variable Independiente

Las fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, aplicadas como fibras de refuerzo.

2.3.2 Variable Dependiente

Resistencia a la compresión y adherencia.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

En el presente proyecto los niveles de investigación a ser utilizados serán: exploratorio, descriptivo y de laboratorio.

Exploratorio, debido a que el tema de investigación propuesto: Las fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, aplicadas como fibras de refuerzo en la elaboración de morteros de cemento, en nuestro país ha tenido poca investigación, pero con el sustento técnico de los ensayos que se realizarán se podrá determinar la influencia que tendrán las diferentes fibras en las propiedades mecánicas del mortero como son: la resistencia a la compresión y adherencia.

Descriptivo, puesto que a más de tener una amplia información y conocimiento de la calidad y características de los diferentes materiales que constituyen los morteros como son: agregado fino y cemento, se contará con información acerca del comportamiento que tendrá el mortero al ser incorporado un porcentaje adecuado de las diferentes fibras, formando así un material de construcción con mejores características que podría utilizarse en futuras obras civiles.

De laboratorio, debido a que se realizarán investigaciones en la biblioteca de trabajos ya elaborados y en los laboratorios de ensayo de materiales y suelos, las propiedades de los materiales a ser utilizados y los resultados de los especímenes a ser ensayados. Se utilizarán los laboratorios y biblioteca de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

En el presente estudio, al existir dificultad al cuantificar la población de estudio y consecuente la muestra, ésta será tomada como referencia en lo dispuesto en la normativa ASTM, donde se menciona que el número de muestras a ser consideradas serán tres o más muestras elaboradas para cada período de prueba y en base al argumento, para el presente estudio se tomarán el mínimo número de muestras permitidas. [21]

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Variable Independiente

Las fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, aplicadas como fibras de refuerzo

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnica e instrumentos
<p>Son fibras artificiales que se añaden al MORTERO como FIBRAS DE REFUERZO con el objetivo de mejorar ciertas propiedades.</p>	Mortero	Tipos de Morteros	¿Qué clase de mortero se puede elaborar en nuestro medio?	Investigación de Laboratorio y Experimental
		Calidad del Mortero	¿Cuáles son las normas que un mortero debe cumplir para que sea de buena calidad?	Investigación Bibliográfica Normas INEN. ASTM.
	Fibras de Refuerzo	Características de las fibras	¿Cuáles son las características de las fibras?	Investigación Bibliográfica Normas ASTM.
		Cantidad de las fibras	¿Cuál es el rango de variación de porcentaje de las fibras en los morteros?	Investigación de Laboratorio y Experimental

Fuente: Julio Castro

3.3.2 Variable Dependiente

Resistencia a la compresión y adherencia

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnica e instrumentos
La resistencia a la compresión y adherencia son propiedades que tiene los morteros tanto en su estado FRESCO como ENDURECIDO , y que dependen de la calidad y proporción de sus componentes.	Mortero Fresco	Trabajable	¿Qué materiales afectan la trabajabilidad del mortero?	Investigación Bibliográfica Normas INEN, ASTM
		Adherencia	¿Cómo obtener una buena adherencia en estado fresco?	Investigación Bibliográfica Normas INEN, ASTM
	Mortero Endurecido	Resistencia	¿Cómo afectan las cantidades de los componentes en la resistencia de los morteros?	Investigación Bibliográfica Normas INEN, ASTM Investigación de Laboratorios
		Adherencia	¿Cómo afectan las cantidades de las fibras en la adherencia?	Investigación Bibliográfica y Laboratorio

Fuente: Julio Castro

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Preguntas	Explicación
1. ¿Qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar el comportamiento de los morteros de cemento añadido fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, utilizados para unir mampostería. - Definir las dosificaciones de los morteros con diferentes porcentajes de fibra de refuerzo. - Analizar el comportamiento de las diferentes muestras mediante el ensayo de resistencia a la compresión. - Comparar la resistencia a la compresión y el comportamiento de adherencia en las diferentes muestras. - Realizar un análisis de la muestra con mortero y fibra de refuerzo que presente las mejores características estructurales y comparar con una muestra con un mortero tradicional.
2. ¿Sobre qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> - Agregado fino - Cemento - Morteros - Fibras de vidrio, acero y polipropileno.
3. ¿Sobre qué aspectos?	<ul style="list-style-type: none"> - Comportamiento del mortero reforzado con fibras de vidrio, acero y polipropileno. - Influencia en la resistencia a la compresión y adherencia.
4. ¿Quién?	<ul style="list-style-type: none"> - Julio César Castro Aguirre - Ing. M.Sc. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre

5. ¿A quiénes?	- Cubos de Mortero - Prismas de mampostería - Ladrillos Cruzados
6. ¿Dónde?	- Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
7. ¿Cómo y con qué?	- Mediante ensayos de laboratorio de resistencia a la compresión y adherencia. - Tesis - Investigación bibliográfica en normas y códigos.

Fuente: Julio Castro

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Para el procesamiento y análisis de la información recolectada se llevará a cabo el siguiente plan:

- Revisión crítica de la información con la finalidad de obtener información segura y confiable.
- Interpretación de los resultados obtenidos mediante gráficos de los ensayos realizados.
- Presentación de resultados previo haber realizado una evaluación e interpretación de los mismos correlacionando con las diferentes partes del proyecto de investigación, fundamentalmente con los objetivos y la hipótesis.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos del presente capítulo en la primera etapa se realizarán ensayos de laboratorio para el cemento y el agregado fino, constituyentes del mortero, con el objetivo de conocer las características de los materiales a ser usados en la elaboración de las muestras.

Para el cemento se empleará el ensayo de la densidad relativa del cemento por el método del picnómetro, con la finalidad de verificar que la densidad relativa del cemento se encuentre en el rango establecido.

Para el agregado fino se realizará el ensayo de granulometría según la NTE INEN 696, con la objetivo de conocer el módulo de finura del agregado y verificar que se encuentre en los límites recomendados. También se usarán los ensayos de peso volumétrico suelto de la arena según la NTE INEN 858 (ASTM C29) y de la densidad relativa o gravedad específica y absorción del agregado fino según la NTE INEN 856 (ASTM C128).

Para el porcentaje de fibra a ser incorporado en los morteros se usarán como referencia artículos técnicos que son investigaciones realizadas en laboratorio por procesos experimentales, donde se establece el contenido de fibra en un rango de 0,2% a 1,0% en relación a la suma del peso del cemento y arena que componen el mortero. [12]

Para la longitud de las fibras se usará un rango aproximado de 1,0 cm a 2,0 cm.

Metodología

La investigación se fundamenta en la elaboración de tres especímenes para cada período de ensayo, es decir para los ensayos de resistencia a la compresión real del mortero, resistencia a la compresión de prismas de mampostería y resistencia de adherencia. El número de especímenes a ser elaborados tienen relación con las diferentes dosificaciones, los diferentes tipos de fibra y los diferentes porcentajes de fibra.

Por lo que se realizarán muestras para dos dosificaciones de morteros de cemento, tomando como referencia la resistencia mínima a la compresión a los 28 días según lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015. Añadiendo a las dosificaciones fibras de vidrio, acero y polipropileno en un porcentaje de 0,5% y 1,0% en relación a la suma del peso del cemento y arena que componen el mortero.

Una vez seleccionados los materiales como arena, cemento, agua, ladrillos y fibras de refuerzo, se procede a la preparación del mortero que servirá para la elaboración de las diferentes muestras.

Las muestras de prismas de mampostería se realizarán con 3 ladrillos asentados uno sobre otro con una junta de mortero de 2 a 3 centímetros, tomando como referencia lo dispuesto en la Sección 7 de la NEC 2015, para conocer la resistencia real del mortero se realizarán cubos de 5 cm según lo establecido en la Norma ASTM C109 y para los especímenes de adherencia se elaborarán con dos ladrillos cruzados según lo establecido en la Norma ASTM C952. Después de haber elaborado las muestras y luego del tiempo de curado según lo establecido en las normas, los especímenes serán ensayados a los 28 días.

Para los resultados finales se presentarán gráficos de las resistencias obtenidas en cada tipo de ensayo, con la finalidad de una mejor interpretación.

En la tabla #3 se indica el número de muestras a ser elaboradas en cada tipo de ensayo.

Tabla #3: Cuadro Resumen – Metodología



CUADRO RESUMEN						
TIPO DE ENSAYO	TIEMPO DE CURADO	TIEMPO DE ENSAYO	TIPO DE FIBRA	PORCENTAJE DE FIBRA	DOSIFICACIÓN	N° DE MUESTRAS
PRISMAS COMPRESIÓN	14 días NEC 2015	28 días	Sin Fibra Vidrio Acero Polipropileno	0 % 0,5% - 1,0% 0,5% - 1,0% 0,5% - 1,0%	Dosificación 1 y 2 Dosificación 1 y 2 Dosificación 1 y 2 Dosificación 1 y 2	42 Muestras
CUBOS COMPRESIÓN	28 días ASTM C109					42 Muestras
ADHERENCIA	07 días ASTM C952					42 Muestras
TOTAL =						126 Muestras

Fuente: Julio Castro

Ensayos Previos

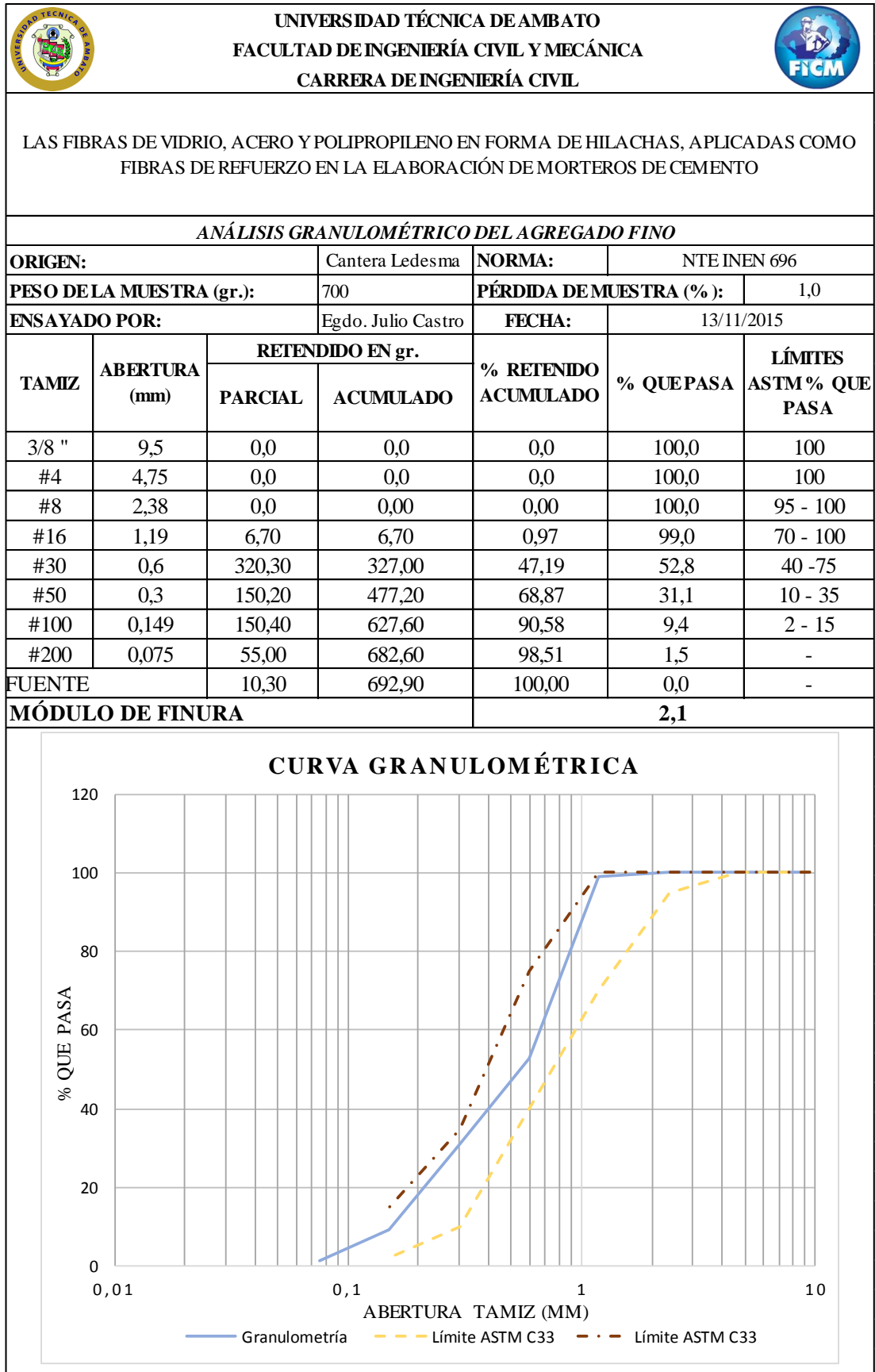
A continuación se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio del cemento y del agregado fino, tomando como referencia lo señalado en las normas. Los ensayos se desarrollaron en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Tabla #4: Densidad Relativa del Cemento

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO				
<i>DENSIDAD RELATIVA DEL CEMENTO</i>				
ORIGEN:	Cemento HOLCIM TIPO GU	NORMA:	NTE INEN 156	
ENSAYADO POR:	Egdo. Julio César Castro Aguirre	FECHA:	13/11/2015	
DATOS	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	M1	M2
M1	MASA DEL PICNÓMETRO	gr.	146,40	151,50
M2	MASA DEL PICNÓMETRO + CEMENTO	gr.	210,10	329,30
M3	MASA DEL PICNÓMETRO + CEMENTO + GASOLINA	gr.	546,70	655,60
M4 = M3 - M2	MASA DE GASOLINA AÑADIDA	gr.	336,60	326,30
M5	MASA DEL PICNOMETRO + 500 CC DE GASOLINA	gr.	497,50	520,90
M6 = M5 - M1	MASA DE 500 CC DE GASOLINA	gr.	351,10	369,40
DG = M6 / 500	DENSIDAD DE LA GASOLINA	gr. / cm3	0,70	0,74
M7 = M6 - M4	MASA DE LA GASOLINA DESALOJADA POR EL CEMENTO	gr.	14,50	43,10
MC = M2 - M1	MASA DEL CEMENTO	gr.	63,70	177,80
VG = M7 / DG	VOLUMEN DE GASOLINA DESALOJADA	cm3	20,65	58,34
DCR = MC / VG	DENSIDAD RELATIVA DEL CEMENTO	gr. / cm3	3,085	3,048
P = (DCR1 + DCR2) / (2)	DENSIDAD RELATIVA PROMEDIO DEL CEMENTO	gr. / cm3	3,066	



Fuente: Julio Castro

Tabla #5: Granulometría del Agregado Fino (Arena)



Fuente: Julio Castro

Tabla #6: Peso Volumétrico Suelto del Agregado Fino (Arena)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
LAS FIBRAS DE VIDRIO, A CERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO					
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO DEL AGREGADO FINO					
ORIGEN:		Cantera Ledesma	NORMA:	NTE INEN 858	
ENSAYADO POR:		Egdo. Julio Castro	FECHA:	18/11/2015	
DATO	CORRESPONDENCIA			UNIDAD	VALOR
M1	MASA DEL RECIPIENTE			kg.	9,80
M2	MASA DEL RECIPIENTE + AGREGADO			kg.	38,10
M3 = M2 - M1	MASA DEL AGREGADO			kg.	28,30
M4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE			dm3	20,4450
M5 = M3 / M4	PESO VOLUMÉTRICO SUELTO			kg./dm3	1,384
DATO	CORRESPONDENCIA			UNIDAD	VALOR
M1	MASA DEL RECIPIENTE			kg.	9,80
M2	MASA DEL RECIPIENTE + AGREGADO			kg.	37,70
M3 = M2 - M1	MASA DEL AGREGADO			kg.	27,90
M4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE			dm3	20,4450
M5 = M3 / M4	PESO VOLUMÉTRICO SUELTO			kg./dm3	1,365
PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO =				kg./dm3	1,374

Fuente: Julio Castro

Tabla #7: Densidad Relativa y Capacidad de Absorción del Agregado Fino (Arena)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO					
DENSIDAD RELATIVA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO					
ORIGEN:	Cantera Ledesma	NORMA:	NTE INEN 856		
ENSAYADO POR:	Egdo. Julio Castro	FECHA:	18/11/2015		
DATO	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	VALOR	VALOR	
CÁLCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA DEL AGREGADO FINO					
M1	MASA DEL PICNÓMETRO	gr.	147,20	147,00	
M2	MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA S.S.S.	gr.	655,70	657,20	
M3	MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA S.S.S. + AGUA	gr.	964,10	965,30	
M4 = M3 - M2	MASA DE AGUA AÑADIDA	gr.	308,40	308,10	
M5	MASA DEL PICNÓMETRO + 500 cm ³ DE AGUA	gr.	658,90	658,90	
M6 = M5 - M1	MASA DE 500 cm ³ DE AGUA	gr.	511,70	511,90	
DA = M6 / 500 cm ³	DENSIDAD DEL AGUA	gr./cm ³	1,023	1,024	
M7 = M6 - M4	MASA DE AGUA DESALOJADA POR LA MUESTRA	gr.	203,30	203,80	
M _{sss} = M2 - M1	MASA DEL AGREGADO	gr.	508,50	510,20	
V _{sss} = M7 / DA	VOLUMEN DEL AGUA DESALOJADA	cm ³	198,65	199,06	
DRA = M _{sss} / V _{sss}	DENSIDAD RELATIVA DEL AGREGADO FINO	gr./cm³	2,560	2,563	
DENSIDAD RELATIVA DEL AGREGADO FINO PROMEDIO		gr./cm³	2,561		
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO					
M8	MASA DEL RECIPIENTE	gr.	102,20	114,10	
M9	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA S.S.S.	gr.	963,40	887,20	
M10 = M9 - M8	MASA DE LA MUESTRA S.S.S.	gr.	861,20	773,10	
M11	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	gr.	952,1	876,1	
M12 = M11 - M8	MASA DE LA MUESTRA SECA	gr.	849,90	762,00	
CA = ((M10 - M12)/(M12))*100	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	%	1,33	1,46	
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO		%	1,39		

Fuente: Julio Castro

Finalizados los ensayos se puede establecer que el cemento y el agregado fino cumplen con los parámetros necesarios para ser utilizados en el diseño de morteros de cemento y la elaboración de las muestras.

La densidad relativa del cemento cumple con los límites establecidos para cementos tipo Portland, la curva granulométrica y el módulo de finura del agregado fino se encuentran dentro de los rangos establecido según la ASTM C33 para arena natural y la densidad relativa del agregado fino y capacidad de absorción se encuentran dentro de los rangos establecidos para agregados naturales.

En función a los resultados obtenidos de los ensayos del cemento y del agregado fino, se presenta a continuación las cantidades de cada dosificación.

Dosificación No. 1

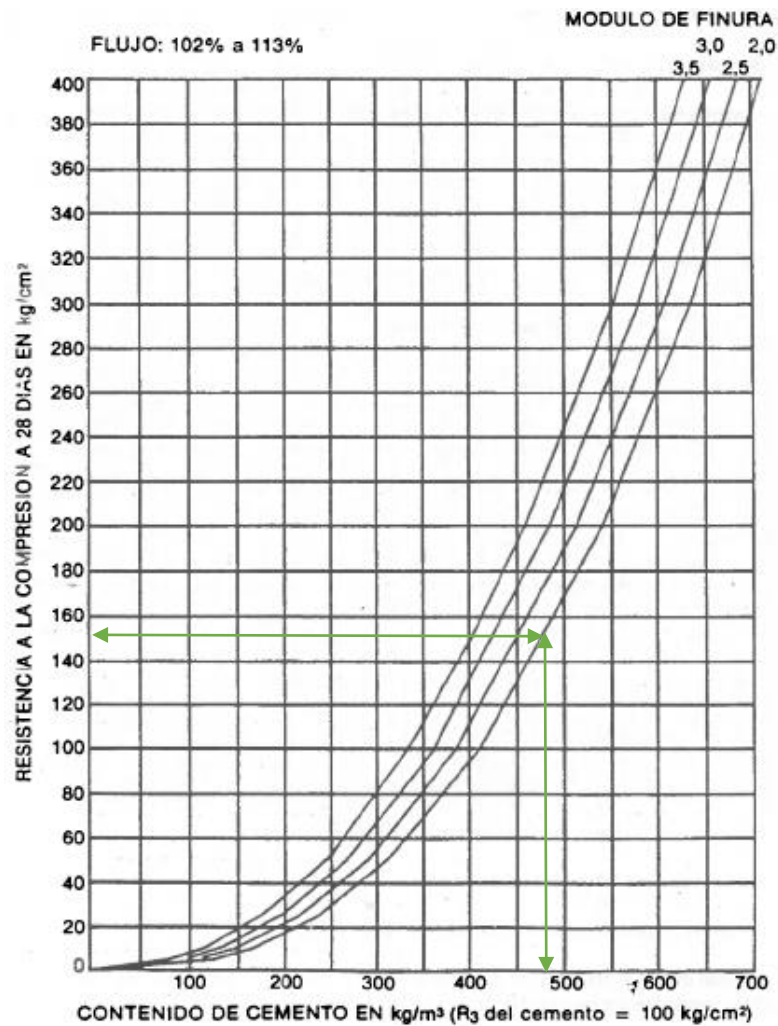
- Cuantía de cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días = 152,96 kg./cm² (15 MPa), según la NEC 2015.

Fluidez de 102 a 113%, recomendado para un mortero con consistencia plástica a ser utilizado para pegar mampostería.

Módulo de finura del agregado fino (arena) = 2,10

Gráfico #5: Determinación del Contenido del Cemento – Dosificación No.1

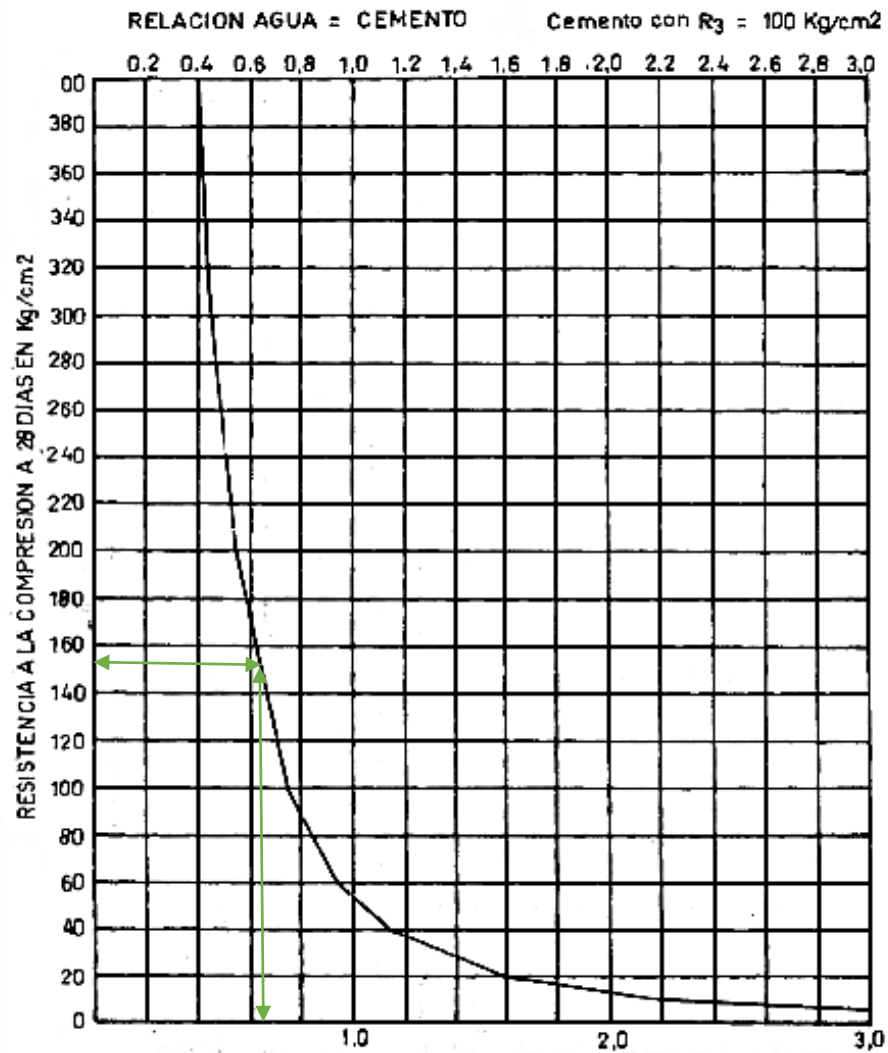


Fuente: Universidad Nacional de Bogotá

Cemento = 480 kg por m³ de mortero

- Cantidad de agua

Gráfico #6: Determinación de la Relación Agua = Cemento – Dosificación No.1



Fuente: Universidad Nacional de Bogotá

$$A / C = 0,62$$

A / C = Cantidad de agua

$$A / C = 0,62$$

Agua = 0,62 x Cantidad de cemento

$$\text{Agua} = 0,62 \times 480 = 297,60 \text{ litros por m}^3 \text{ de mortero}$$

- Contenido de arena

De los ensayos anteriormente mencionados se sabe que:

Densidad relativa del cemento = 3,066 gr. /cm³ = 3066 kg. /m³

Densidad relativa de la arena (peso específico) = 2,561 gr. /cm³ = 2561 kg. /m³

Peso volumétrico suelto de la arena = 1,374 kg. /dm³ = 1374 kg. /m³

Volumen de cemento = V_c

$$V_c = \frac{\text{Masa de cemento}}{\text{Densidad del cemento}} = \frac{480 \text{ kg}}{3066 \text{ kg. /m}^3}$$

V_c = 0,157 m³ por m³ de mortero

V agua = 297,60 litros = 0,2976 m³

Volumen de aire incluido = 3 % = 0,03

V arena = 1 m³ – V cemento – V agua – V aire

V arena = 1 m³ – (0,157 + 0,2976 + 0,03) m³

V arena = 0,516 m³ por m³ de mortero

Masa de arena = V arena x Densidad de la arena

Masa de arena = 0,516 m³ x 2561 kg. /m³ = 1321,48 kg. por m³ de mortero

Para la una masa unitaria suelta de arena se tiene:

(1321,48 kg.) / (1374 kg. /m³) = 0,962 m³ por m³ de mortero.

Tabla #8: Cantidades para un m³ de Mortero – Dosificación No.1

Material	Peso (kg.)	Dosificación al peso
Cemento	480,00	1
Arena	1321,48	2,75

Fuente: Julio Castro

Tabla #9: Porcentaje de Fibra para un m³ de Mortero – Dosificación No.1

Porcentaje (%)	Peso (kg.)
0,5	9,0
1,0	18,0

Fuente: Julio Castro

Dosificación No. 2

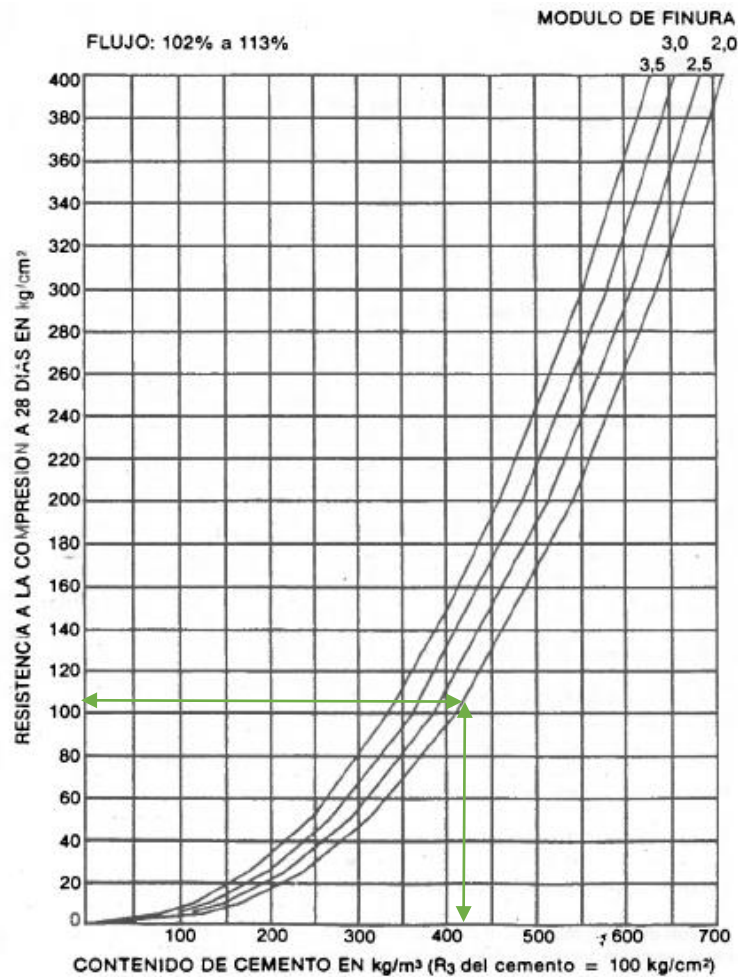
- Cuantía de cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días = 101,97 kg./cm² (10 MPa), según la NEC 2015.

Fluidez de 102 a 113%, recomendado para un mortero con consistencia plástica a ser utilizado para pegar mampostería.

Módulo de finura del agregado fino (arena) = 2,10

Gráfico #7: Determinación del Contenido del Cemento – Dosificación No.2

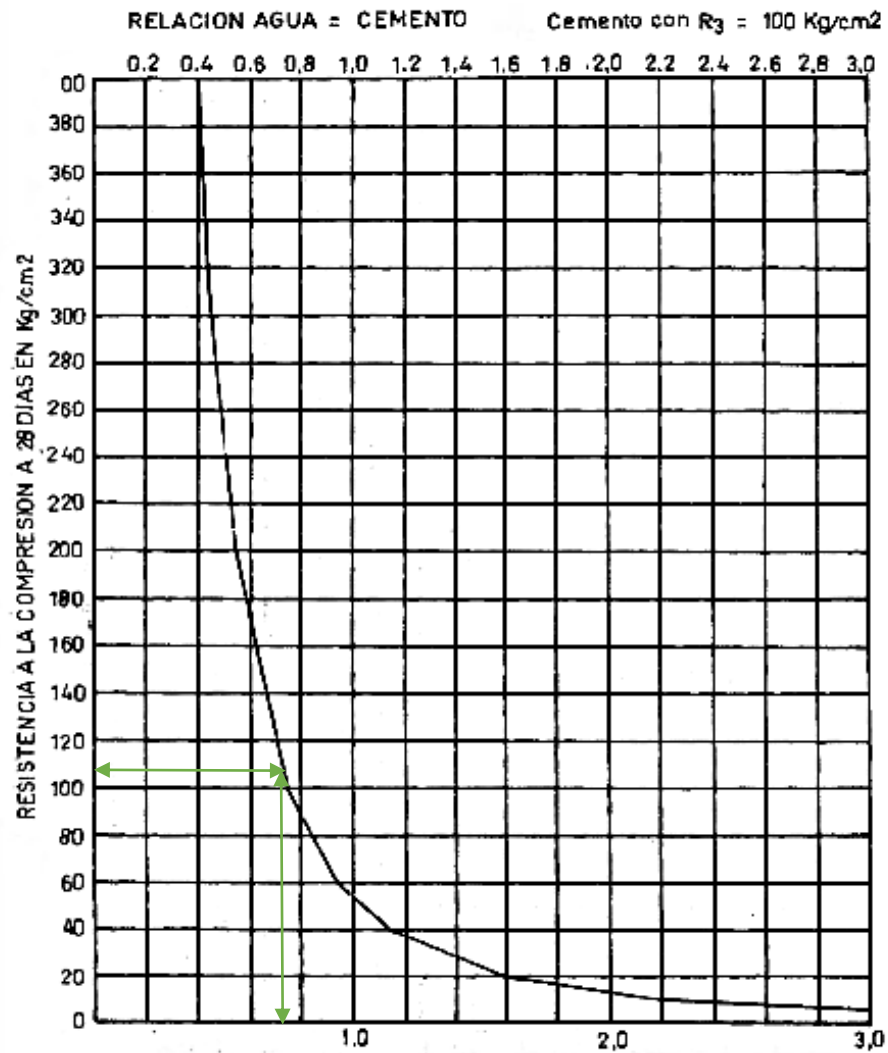


Fuente: Universidad Nacional de Bogotá

Cemento = 410 kg por m³ de mortero

- Cantidad de agua

Gráfico #8: Determinación de la Relación Agua = Cemento – Dosificación No.2



Fuente: Universidad Nacional de Bogotá

$$A / C = 0,72$$

A / C = Cantidad de agua

$$A / C = 0,72$$

Agua = 0,72 x Cantidad de cemento

$$\text{Agua} = 0,72 \times 410 = 295,20 \text{ litros por m}^3 \text{ de mortero}$$

- Contenido de arena

De los ensayos anteriormente mencionados se sabe que:

Densidad del cemento = 3,066 gr. /cm³ = 3066 kg. /m³

Densidad relativa de la arena (peso específico) = 2,561 gr. /cm³ = 2561 kg. /m³

Peso volumétrico suelto de la arena = 1,374 kg. /dm³ = 1374 kg. /m³

Volumen de cemento = V_c

$$V_c = \frac{\text{Masa de cemento}}{\text{Densidad del cemento}} = \frac{410 \text{ kg}}{3066 \text{ kg. /m}^3}$$

V_c = 0,134 m³ por m³ de mortero

V agua = 295,20 litros = 0,2952 m³

Volumen de aire incluido = 3 % = 0,03

V arena = 1 m³ – V cemento – V agua – V aire

V arena = 1 m³ – (0,134 + 0,2952 + 0,03) m³

V arena = 0,541 m³ por m³ de mortero

Masa de arena = V arena x Densidad de la arena

Masa de arena = 0,541 m³ x 2561 kg. /m³ = 1385,50 kg. por m³ de mortero

Para la una masa unitaria suelta de arena se tiene:

(1385,50 kg.) / (1374 kg. /m³) = 1,008 m³ por m³ de mortero.

Tabla #10: Cantidades para un m³ de Mortero – Dosificación No.2

Material	Peso (kg.)	Dosificación al peso
Cemento	410,00	1
Arena	1385,50	3,38

Fuente: Julio Castro

Tabla #11: Porcentaje de Fibra para un m³ de Mortero – Dosificación No.2

Porcentaje (%)	Peso (kg.)
0,5	9,0
1,0	18,0



Fuente: Julio Castro

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En la siguiente etapa del capítulo se presentan los resultados de las muestras de acuerdo a cada tipo de ensayo.



En las siguientes tablas se presentan los resultados de los ensayos a la compresión real del mortero según la Norma ASTM C109, con lo que se conoció la resistencia real que alcanzó el mortero dependiendo del tipo de fibra y porcentaje.

Tabla #12: Resistencia a la Compresión - Mortero Tradicional

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO									
ENSAYO A COMPRESIÓN: CUBOS									
LABORATORIO:			Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato						
ENSAYO POR:			Egdo. Julio Castro				TIPO DE FIBRA:		Sin Fibra
PROBETA No.	DOSIFICACIÓN	% DE FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA (cm²)	CARGA (kg.)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg./cm²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg./cm²)
1.1	1 : 2,75	-	19/11/2015	17/12/2015	28	25,0	3822,63	152,91	153,04
2.1						25,0	3832,82	153,31	
3.1						25,0	3822,63	152,91	
1.2	1 : 3,38	-	19/11/2015	17/12/2015	28	25,0	2558,61	102,34	102,34
2.2						25,0	2538,23	101,53	
3.2						25,0	2579,00	103,16	



Fuente: Julio Castro

Tabla #13: Resistencia a la Compresión - Mortero con Fibra de Vidrio

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO									
ENSAYO A COMPRESIÓN: CUBOS									
LABORATORIO:			Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato						
ENSAYO POR:			Egdo. Julio Castro				TIPO DE FIBRA:		Vidrio
PROBETA No.	DOSIFICACIÓN	% DE FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA (cm²)	CARGA (kg.)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg./cm²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg./cm²)
1.3	1 : 2,75	0,5	20/11/2015	18/12/2015	28	25,0	3476,04	139,04	136,46
2.3						25,0	3241,59	129,66	
3.3						25,0	3516,82	140,67	
1.4	1 : 2,75	1,0	20/11/2015	18/12/2015	28	25,0	3170,23	126,81	129,53
2.4						25,0	3353,72	134,15	
3.4						25,0	3190,62	127,62	
1.5	1 : 3,38	0,5	23/11/2015	21/12/2015	28	25,0	2497,45	99,90	99,35
2.5						25,0	2507,65	100,31	
3.5						25,0	2446,48	97,86	
1.6	1 : 3,38	1,0	23/11/2015	21/12/2015	28	25,0	2456,68	98,27	97,86
2.6						25,0	2436,29	97,45	
3.6						25,0	2446,48	97,86	

Fuente: Julio Castro

Tabla #14: Resistencia a la Compresión - Mortero con Fibra de Polipropileno

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO									
ENSAYO A COMPRESIÓN: CUBOS									
LABORATORIO:			Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato						
ENSAYO POR:			Egdo. Julio Castro				TIPO DE FIBRA:		Polipropileno
PROBETA No.	DOSIFICACIÓN	% DE FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA (cm²)	CARGA (kg.)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg./cm²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg./cm²)
1.7	1 : 2,75	0,5	23/11/2015	21/12/2015	28	25,0	3843,02	153,72	153,99
2.7						25,0	3853,21	154,13	
3.7						25,0	3853,21	154,13	
1.8	1 : 2,75	1,0	23/11/2015	21/12/2015	28	25,0	3863,40	154,54	154,40
2.8						25,0	3863,40	154,54	
3.8						25,0	3853,21	154,13	
1.9	1 : 3,38	0,5	24/11/2015	22/12/2015	28	25,0	2538,23	101,53	102,07
2.9						25,0	2548,42	101,94	
3.9						25,0	2568,81	102,75	
1.10	1 : 3,38	1,0	24/11/2015	22/12/2015	28	25,0	2579,00	103,16	102,89
2.10						25,0	2589,19	103,57	
3.10						25,0	2548,42	101,94	

Fuente: Julio Castro



Tabla #15: Resistencia a la Compresión – Mortero con Fibra de Acero

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 									
LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO									
ENSAYO A COMPRESIÓN: CUBOS									
LABORATORIO:			Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato						
ENSAYO POR:			Egdo. Julio Castro				TIPO DE FIBRA:		Acero
PROBETA No.	DOSIFICACIÓN	% DE FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg.)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg./cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg./cm ²)
1.11	1 : 2,75	0,5	24/11/2015	22/12/2015	28	25,0	4209,99	168,40	165,14
2.11						25,0	4087,67	163,51	
3.11						25,0	4087,67	163,51	
1.12	1 : 2,75	1,0	24/11/2015	22/12/2015	28	25,0	4525,99	181,04	182,67
2.12						25,0	4576,96	183,08	
3.12						25,0	4597,35	183,89	
1.13	1 : 3,38	0,5	25/11/2015	23/12/2015	28	25,0	2609,58	104,38	103,98
2.13						25,0	2599,39	103,98	
3.13						25,0	2589,19	103,57	
1.14	1 : 3,38	1,0	25/11/2015	23/12/2015	28	25,0	2629,97	105,20	105,61
2.14						25,0	2640,16	105,61	
3.14						25,0	2650,36	106,01	

Fuente: Julio Castro



Así también se procedió a ensayar las muestras de los prismas de mampostería según lo establecido en la NEC 2015, en las siguientes tablas se presentan los resultados de las resistencias alcanzadas.

Tabla #16: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería – Mortero Tradicional

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 									
LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO									
ENSAYO A COMPRESIÓN: PRISMAS DE MAMPOSTERÍA									
LABORATORIO:			Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato						
ENSAYO POR:			Egdo. Julio Castro				TIPO DE FIBRA:		Sin Fibra
PROBETA No.	DOSIFICACIÓN	% DE FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg.)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg./cm ²)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO (kg./cm ²)
1.1	1 : 2,75	-	19/11/2015	17/12/2015	28	288,75	4699,29	16,27	16,36
2.1						288,75	4821,61	16,70	
3.1						286,00	4607,54	16,11	
1.2	1 : 3,38	-	19/11/2015	17/12/2015	28	286,00	3975,54	13,90	13,44
2.2						287,70	3893,99	13,53	
3.2						288,75	3720,69	12,89	



Fuente: Julio Castro

Tabla #17: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería – Mortero con Fibra de Vidrio

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 									
LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO									
ENSAYO A COMPRESIÓN: PRISMAS DE MAMPOSTERÍA									
LABORATORIO:			Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato						
ENSAYO POR:			Egdo. Julio Castro				TIPO DE FIBRA:		Vidrio
PROBETA No.	DOSIFICACIÓN	% DE FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg.)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg./cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg./cm ²)
1.3	1 : 2,75	0,5	20/11/2015	18/12/2015	28	288,75	3995,92	13,84	13,63
2.3						286,00	3904,18	13,65	
3.3						288,75	3873,60	13,42	
1.4	1 : 2,75	1,0	20/11/2015	18/12/2015	28	288,75	3822,63	13,24	13,50
2.4						288,75	3965,34	13,73	
3.4						288,75	3904,18	13,52	
1.5	1 : 3,38	0,5	23/11/2015	21/12/2015	28	288,75	3863,40	13,38	13,35
2.5						286,65	3883,79	13,55	
3.5						288,75	3792,05	13,13	
1.6	1 : 3,38	1,0	23/11/2015	21/12/2015	28	288,75	3649,34	12,64	12,34
2.6						288,75	3914,37	13,56	
3.6						288,75	3476,04	12,04	



Fuente: Julio Castro

Tabla #18: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería – Mortero con Fibra de Polipropileno

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 									
LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO									
ENSAYO A COMPRESIÓN: PRISMAS DE MAMPOSTERÍA									
LABORATORIO:			Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato						
ENSAYO POR:			Egdo. Julio Castro				TIPO DE FIBRA:		Polipropileno
PROBETA No.	DOSIFICACIÓN	% DE FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg.)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg./cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg./cm ²)
1.7	1 : 2,75	0,5	23/11/2015	21/12/2015	28	288,75	4709,48	16,31	16,52
2.7						283,25	4791,03	16,91	
3.7						285,60	4668,71	16,35	
1.8	1 : 2,75	1,0	23/11/2015	21/12/2015	28	286,00	5382,26	18,82	18,84
2.8						285,6	5423,04	18,99	
3.8						288,75	5402,65	18,71	
1.9	1 : 3,38	0,5	24/11/2015	22/12/2015	28	288,75	4729,87	16,38	16,42
2.9						288,75	4780,84	16,56	
3.9						288,75	4709,48	16,31	
1.10	1 : 3,38	1,0	24/11/2015	22/12/2015	28	288,75	5096,84	17,65	17,33
2.10						288,75	5015,29	17,37	
3.10						288,75	4903,16	16,98	

Fuente: Julio Castro



Tabla #19: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería – Mortero con Fibra de Acero

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO									
ENSAYO A COMPRESIÓN: PRISMAS DE MAMPOSTERÍA									
LABORATORIO:			Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato						
ENSAYO POR:			Egdo. Julio Castro				TIPO DE FIBRA:		Acero
PROBETA No.	DOSIFICACIÓN	% DE FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA (cm²)	CARGA (kg.)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg./cm²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg./cm²)
1.11	1 : 2,75	0,5	24/11/2015	22/12/2015	28	288,75	5606,52	19,42	19,28
2.11						288,75	5504,59	19,06	
3.11						288,75	5586,14	19,35	
1.12	1 : 2,75	1,0	24/11/2015	22/12/2015	28	286,00	5626,91	19,67	19,50
2.12						288,75	5606,52	19,42	
3.12						288,75	5606,52	19,42	
1.13	1 : 3,38	0,5	25/11/2015	23/12/2015	28	288,75	4933,74	17,09	17,10
2.13						288,75	4984,71	17,26	
3.13						288,75	4892,97	16,95	
1.14	1 : 3,38	1,0	25/11/2015	23/12/2015	28	288,75	5107,03	17,69	17,66
2.14						288,75	5096,84	17,65	
3.14						288,75	5096,84	17,65	

Fuente: Julio Castro

Y para concluir, se ensayaron las muestras de adherencia según la Norma ASTM C952 y en las siguientes tablas se presentan los resultados de las resistencias alcanzadas.

Tabla #20: Resistencia de Adherencia - Mortero Tradicional

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 									
LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO									
ENSAYO DE ADHERENCIA									
LABORATORIO:			Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato						
ENSAYO POR:			Egdo. Julio Castro				TIPO DE FIBRA:		Sin Fibra
PROBETA No.	DOSIFICACIÓN	% DE FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA (cm²)	CARGA (kg.)	RESISTENCIA DE ADHERENCIA (kg./cm²)	RESISTENCIA DE ADHERENCIA PROMEDIO (kg./cm²)
1.1	1 : 2,75	-	19/11/2015	17/12/2015	28	110,3	1080,53	9,80	10,02
2.1						110,3	1172,27	10,63	
3.1						110,3	1060,14	9,62	
1.2	1 : 3,38	-	19/11/2015	17/12/2015	28	110,3	968,40	8,78	9,15
2.2						109,2	1019,37	9,33	
3.2						110,3	1029,56	9,34	



Fuente: Julio Castro

Tabla #21: Resistencia de Adherencia - Mortero con Fibra de Vidrio

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 										
LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO										
ENSAYO DE ADHERENCIA										
LABORATORIO:			Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato							
ENSAYO POR:			Egdo. Julio Castro				TIPO DE FIBRA:		Vidrio	
PROBETA No.	DOSIFICACIÓN	% DE FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg.)	RESISTENCIA DE ADHERENCIA (kg./cm ²)	RESISTENCIA DE ADHERENCIA PROMEDIO (kg./cm ²)	
1.3	1 : 2,75	0,5	20/11/2015	18/12/2015	28	109,2	1039,76	9,52	9,37	
2.3						110,3	1019,37	9,25		
3.3						110,3	1029,56	9,34		
1.4	1 : 2,75	1,0	20/11/2015	18/12/2015	28	110,3	1019,37	9,25	9,18	
2.4						110,3	1019,37	9,25		
3.4						110,3	998,98	9,06		
1.5	1 : 3,38	0,5	23/11/2015	21/12/2015	28	110,3	948,01	8,60	8,60	
2.5						109,2	948,01	8,68		
3.5						110,3	937,82	8,51		
1.6	1 : 3,38	1,0	23/11/2015	21/12/2015	28	110,3	917,43	8,32	8,38	
2.6						110,3	917,43	8,32		
3.6						109,2	927,62	8,49		



Fuente: Julio Castro

Tabla #22: Resistencia de Adherencia - Mortero con Fibra de Polipropileno

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 									
LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO									
<i>ENSAYO DE ADHERENCIA</i>									
LABORATORIO:			Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato						
ENSAYO POR:			Egdo. Julio Castro				TIPO DE FIBRA:		Polipropileno
PROBETA No.	DOSIFICACIÓN	% DE FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg.)	RESISTENCIA DE ADHERENCIA (kg./cm ²)	RESISTENCIA DE ADHERENCIA PROMEDIO (kg./cm ²)
1.7	1 : 2,75	0,5	23/11/2015	21/12/2015	28	110,3	1294,60	11,74	11,74
2.7						110,3	1274,21	11,56	
3.7						110,3	1314,98	11,93	
1.8	1 : 2,75	1,0	23/11/2015	21/12/2015	28	110,3	1253,82	11,37	10,94
2.8						110,3	1213,05	11,00	
3.8						110,3	1151,89	10,45	
1.9	1 : 3,38	0,5	24/11/2015	22/12/2015	28	110,3	1019,37	9,25	9,34
2.9						110,3	1029,56	9,34	
3.9						110,3	1039,76	9,43	
1.10	1 : 3,38	1,0	24/11/2015	22/12/2015	28	110,3	998,98	9,06	9,06
2.10						110,3	988,79	8,97	
3.10						109,2	998,98	9,15	

Fuente: Julio Castro

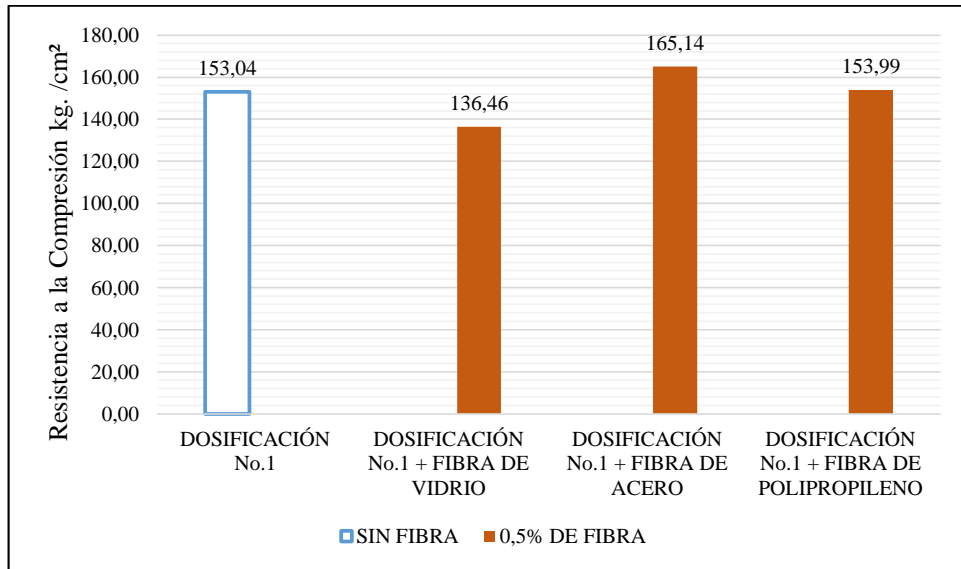
Tabla #23: Resistencia de Adherencia - Mortero con Fibra de Acero

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
LAS FIBRAS DE VIDRIO, ACERO Y POLIPROPILENO EN FORMA DE HILACHAS, APLICADAS COMO FIBRAS DE REFUERZO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO									
ENSAYO DE ADHERENCIA									
LABORATORIO:			Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato						
ENSAYO POR:			Egdo. Julio Castro				TIPO DE FIBRA:		Acero
PROBETA No.	DOSIFICACIÓN	% DE FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA (cm²)	CARGA (kg.)	RESISTENCIA DE ADHERENCIA (kg./cm²)	RESISTENCIA DE ADHERENCIA PROMEDIO (kg./cm²)
1.11	1 : 2,75	0,5	24/11/2015	22/12/2015	28	110,3	968,40	8,78	8,69
2.11						110,3	937,82	8,51	
3.11						110,3	968,40	8,78	
1.12	1 : 2,75	1,0	24/11/2015	22/12/2015	28	110,3	958,21	8,69	8,72
2.12						110,3	968,40	8,78	
3.12						110,3	958,21	8,69	
1.13	1 : 3,38	0,5	25/11/2015	23/12/2015	28	110,3	866,46	7,86	7,80
2.13						110,3	866,46	7,86	
3.13						110,3	846,08	7,67	
1.14	1 : 3,38	1,0	25/11/2015	23/12/2015	28	110,3	876,66	7,95	7,92
2.14						110,3	866,46	7,86	
3.14						110,3	876,66	7,95	

Fuente: Julio Castro

Con la finalidad de una mejor interpretación se agrupó la resistencia de cada dosificación y tipo de ensayo para ser representado en gráficos de columnas, lo cual se presenta a continuación:

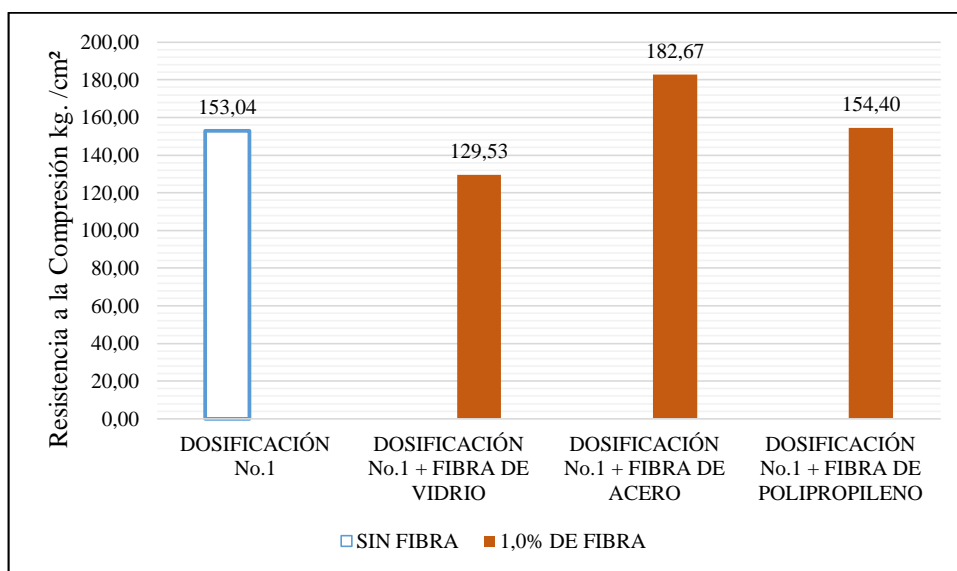
Gráfico #9: Resistencia a la Compresión Real del Mortero de la Dosificación No.1 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 0,5%



Fuente: Julio Castro

La figura #9 representa la resistencia a la compresión real del mortero de la dosificación No.1 con diferentes tipos de fibras en un porcentaje de 0,5%. Donde la resistencia a la compresión con fibra de vidrio disminuyó 10,83%, con fibra de acero aumentó 7,91% y con fibra de polipropileno incrementó 0,62%, en comparación con la resistencia a la compresión sin fibra.

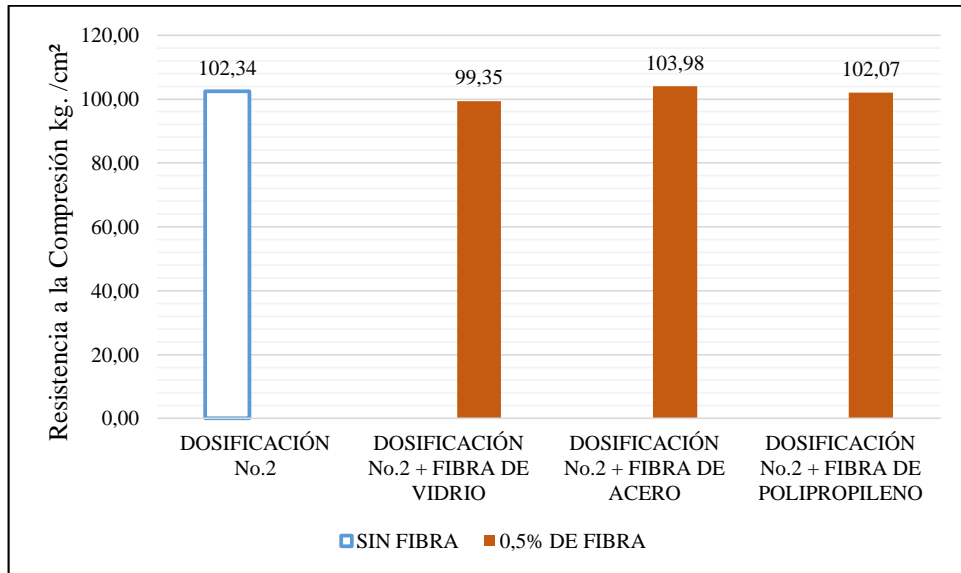
Gráfico #10: Resistencia a la Compresión Real del Mortero de la Dosificación No.1 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 1,0%



Fuente: Julio Castro

La figura #10 representa la resistencia a la compresión real del mortero de la dosificación No.1 con diferentes tipos de fibras en un porcentaje de 1,0%. Donde la resistencia a la compresión con fibra de vidrio disminuyó 15,36%, con fibra de acero aumentó 19,36% y con fibra de polipropileno incrementó 0,89%, en comparación con la resistencia a la compresión sin fibra.

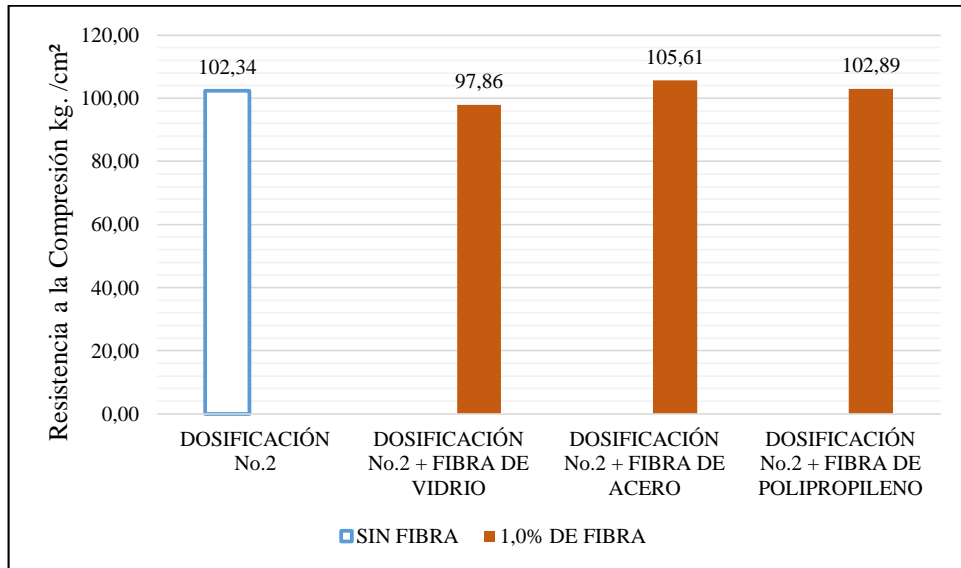
Gráfico #11: Resistencia a la Compresión Real del Mortero de la Dosificación No.2 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 0,5%



Fuente: Julio Castro

La figura #11 representa la resistencia a la compresión real del mortero de la dosificación No.2 añadido diferentes tipos de fibras en un porcentaje de 0,5%. Donde la resistencia a la compresión con fibra de vidrio disminuyó 2,92%, con fibra de acero aumentó 1,60% y con fibra de polipropileno disminuyó 0,26%, en comparación con la resistencia a la compresión sin fibra.

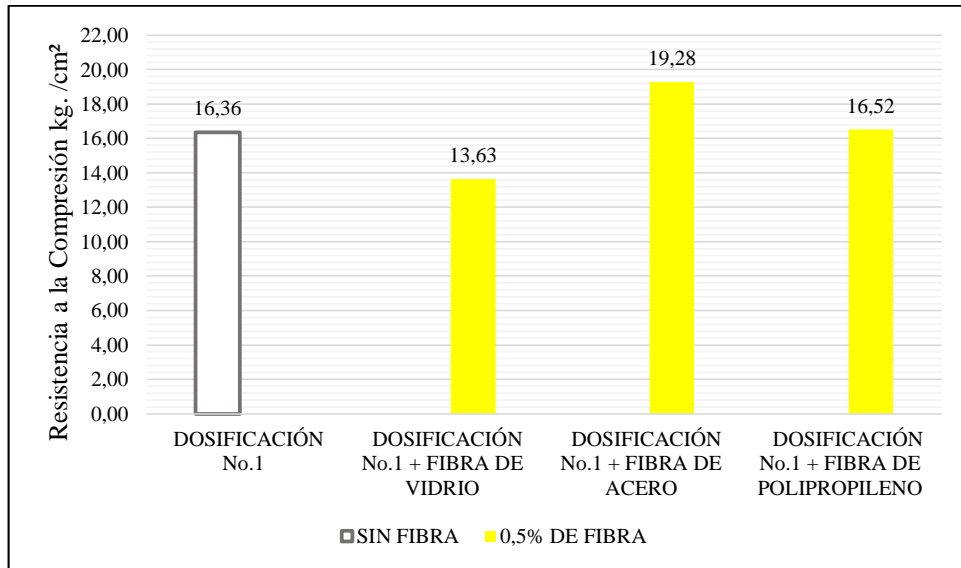
Gráfico #12: Resistencia a la Compresión Real del Mortero de la Dosificación No.2 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 1,0%



Fuente: Julio Castro

La figura #12 representa la resistencia a la compresión real del mortero de la dosificación No.2 añadido diferentes tipos de fibras en un porcentaje de 1,0%. Donde la resistencia a la compresión con fibra de vidrio disminuyó 4,38%, con fibra de acero aumentó 3,19% y con fibra de polipropileno incrementó 0,54%, en comparación con la resistencia a la compresión sin fibra.

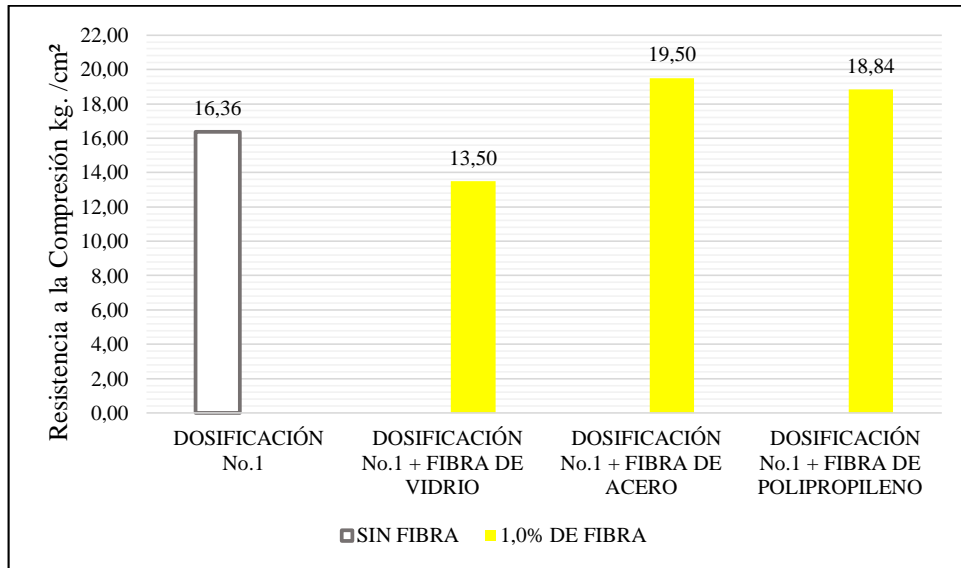
Gráfico #13: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería Unido con Mortero de la Dosificación No.1 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 0,5%



Fuente: Julio Castro

La figura #13 representa la resistencia a la compresión de prismas de mampostería unido con mortero de la dosificación No.1 añadido diferentes tipos de fibras en un porcentaje de 0,5%. Donde la resistencia a la compresión con fibra de vidrio disminuyó 16,69%, con fibra de acero aumentó 17,85% y con fibra de polipropileno incrementó 0,98%, en comparación con la resistencia a la compresión sin fibra.

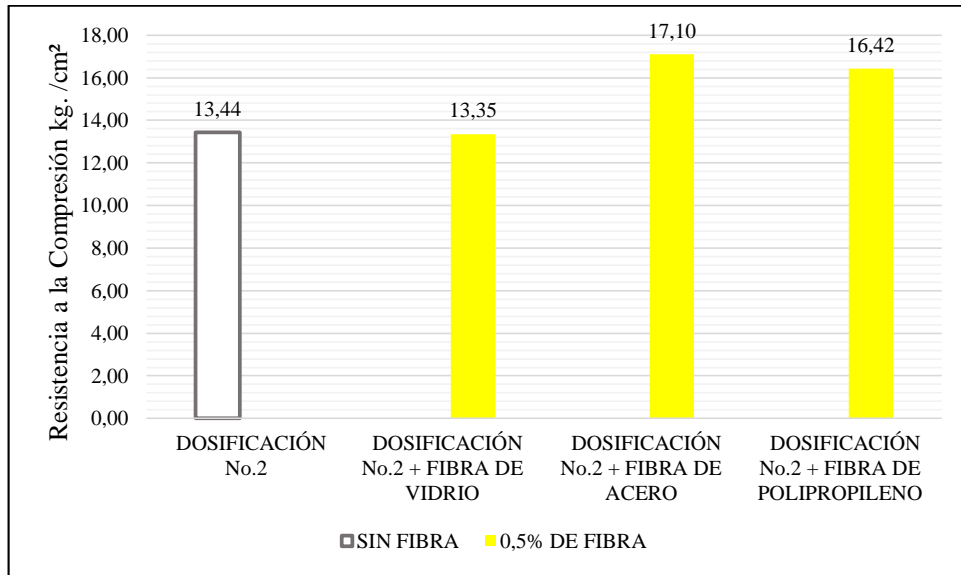
Gráfico #14: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería Unido con Mortero de la Dosificación No.1 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 1,0%



Fuente: Julio Castro

La figura #14 representa la resistencia a la compresión de prismas de mampostería unido con mortero de la dosificación No.1 añadido diferentes tipos de fibras en un porcentaje de 1,0%. Donde la resistencia a la compresión con fibra de vidrio disminuyó 17,48%, con fibra de acero aumentó 19,19% y con fibra de polipropileno incrementó 15,16%, en comparación con la resistencia a la compresión sin fibra.

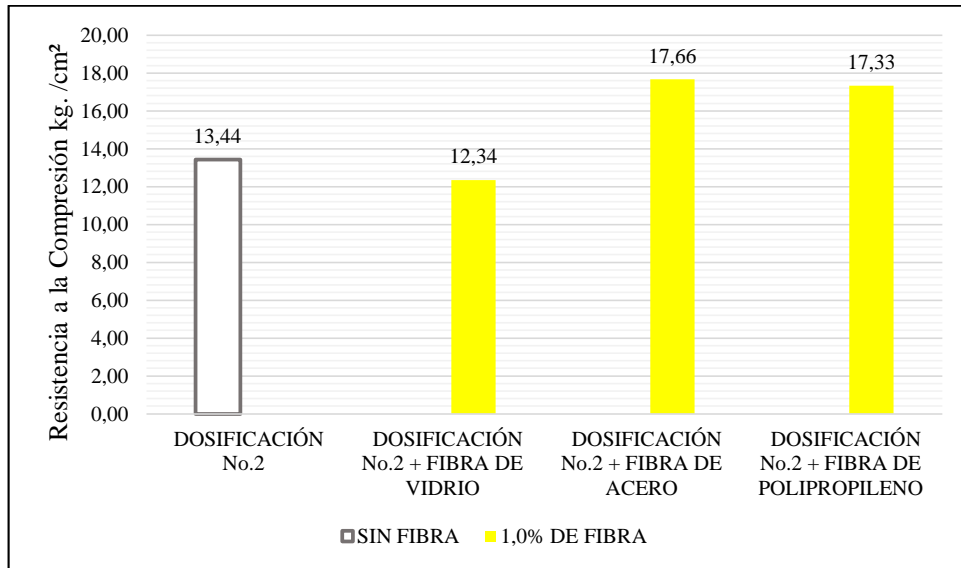
Gráfico #15: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería Unido con Mortero de la Dosificación No.2 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 0,5%



Fuente: Julio Castro

La figura #15 representa la resistencia a la compresión de prismas de mampostería unido con mortero de la dosificación No.2 incorporado diferentes tipos de fibras en un porcentaje de 0,5%. Donde la resistencia a la compresión con fibra de vidrio disminuyó 0,67%, con fibra de acero aumentó 27,23% y con fibra de polipropileno incrementó 22,17%, en comparación con la resistencia a la compresión sin fibra.

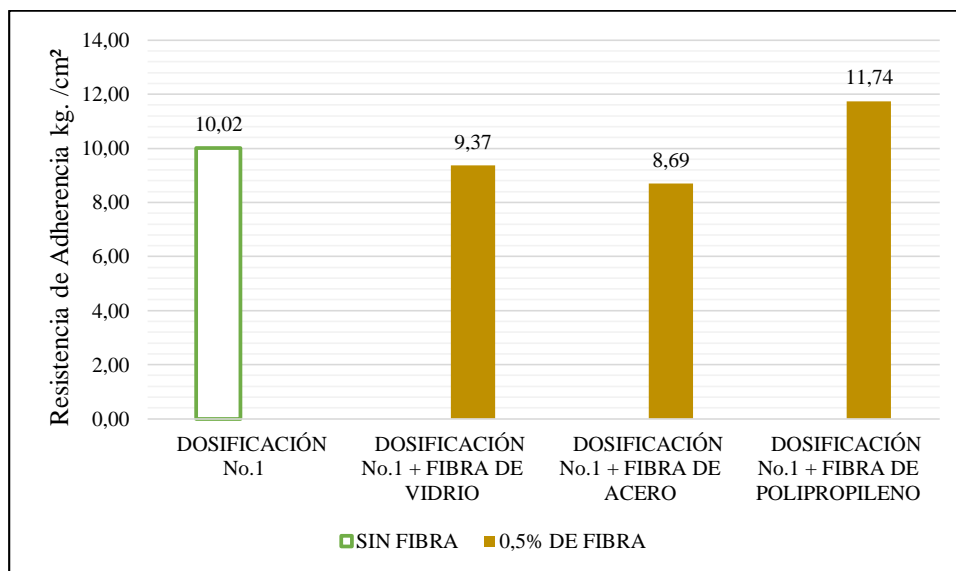
Gráfico #16: Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería Unidos con Mortero de la Dosificación No.2 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 1,0%



Fuente: Julio Castro

La figura #16 representa la resistencia a la compresión de prismas de mampostería unidos con mortero de la dosificación No.2 incorporado diferentes tipos de fibras en un porcentaje 1,0%. Donde la resistencia a la compresión con fibra de vidrio disminuyó 8,18%, con fibra de acero aumentó 31,40% y con fibra de polipropileno incrementó 28,94%, en comparación con la resistencia a la compresión sin fibra.

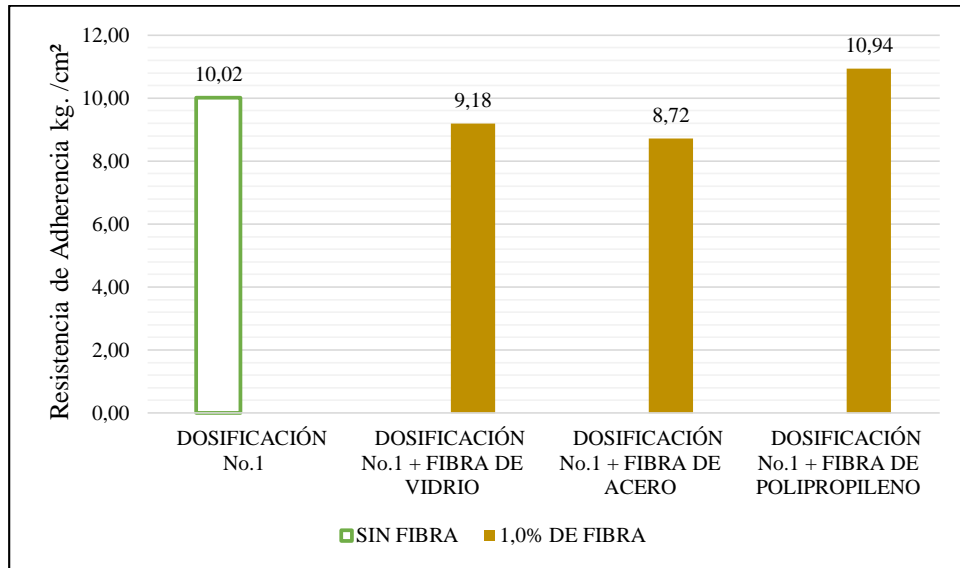
Gráfico #17: Resistencia de Adherencia entre Unidades de Mampostería Unido con Mortero de la Dosificación No.1 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 0,5%



Fuente: Julio Castro

La figura #17 representa la resistencia de adherencia entre unidades de mampostería unido con mortero de la dosificación No.1 añadido diferentes tipos de fibras en un porcentaje de 0,5%. Donde la resistencia de adherencia con fibra de vidrio disminuyó 6,49%, con fibra de acero disminuyó 13,27% y con fibra de polipropileno incrementó 17,17%, en comparación con la resistencia de adherencia sin fibra.

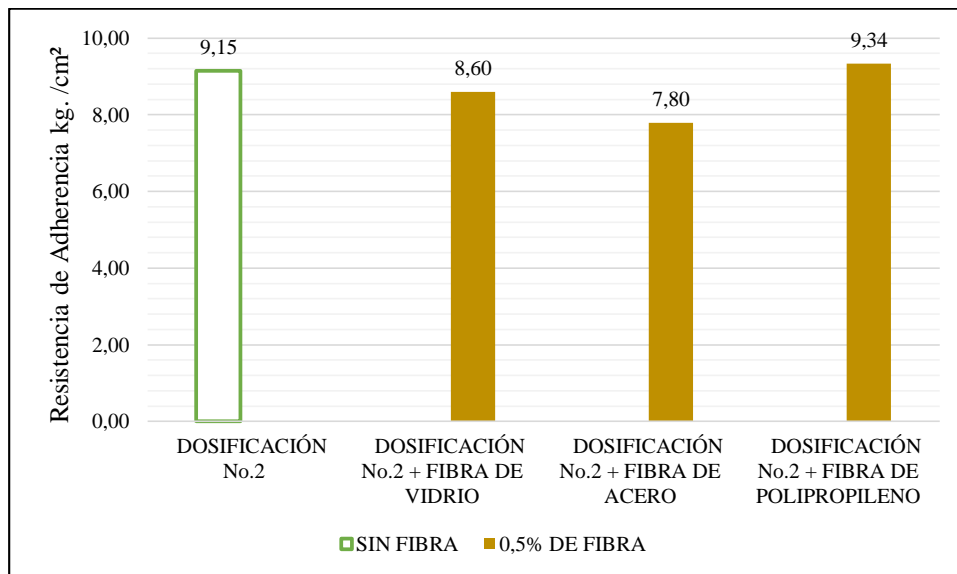
Gráfico #18: Resistencia de Adherencia entre Unidades de Mampostería Unido con Mortero de la Dosificación No.1 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 1,0%



Fuente: Julio Castro

La figura #18 representa la resistencia de adherencia entre unidades de mampostería unido con mortero de la dosificación No.1 añadido diferentes tipos de fibras en un porcentaje de 1,0%. Donde la resistencia de adherencia con fibra de vidrio disminuyó 8,38%, con fibra de acero disminuyó 12,97% y con fibra de polipropileno incrementó 9,18%, en comparación con la resistencia de adherencia sin fibra.

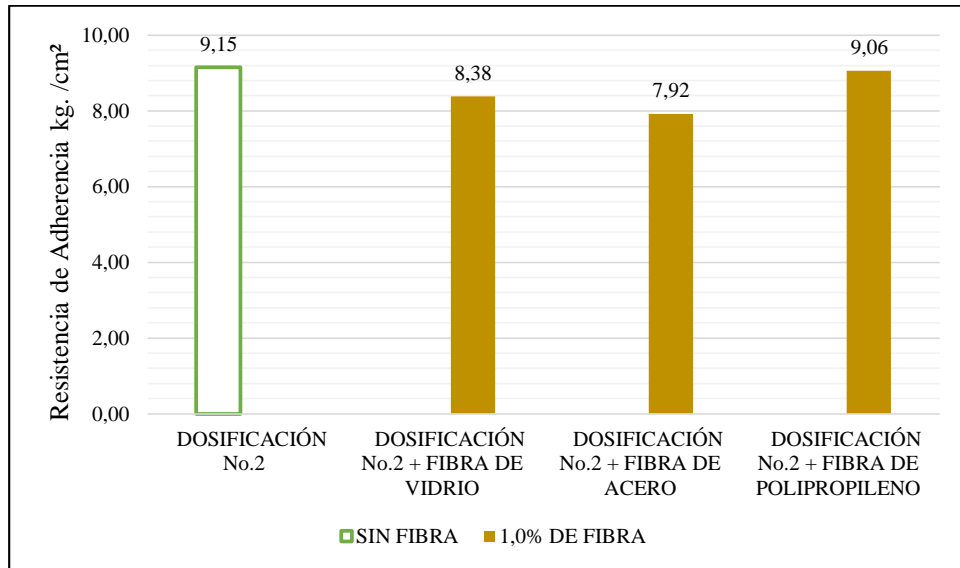
Gráfico #19: Resistencia de Adherencia entre Unidades de Mampostería Unido con Mortero de la Dosificación No.2 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 0,5%



Fuente: Julio Castro

La figura #19 representa la resistencia de adherencia entre unidades de mampostería unido con mortero de la dosificación No.2 incorporado diferentes tipos de fibras en un porcentaje de 0,5%. Donde la resistencia de adherencia con fibra de vidrio disminuyó 6,01%, con fibra de acero disminuyó 14,75% y con fibra de polipropileno incrementó 2,08%, en comparación con la resistencia de adherencia sin fibra.

Gráfico #20: Resistencia de Adherencia entre Unidades de Mampostería Unido con Mortero de la Dosificación No.2 Vs. Tipo de Fibra en un Porcentaje de 1,0%

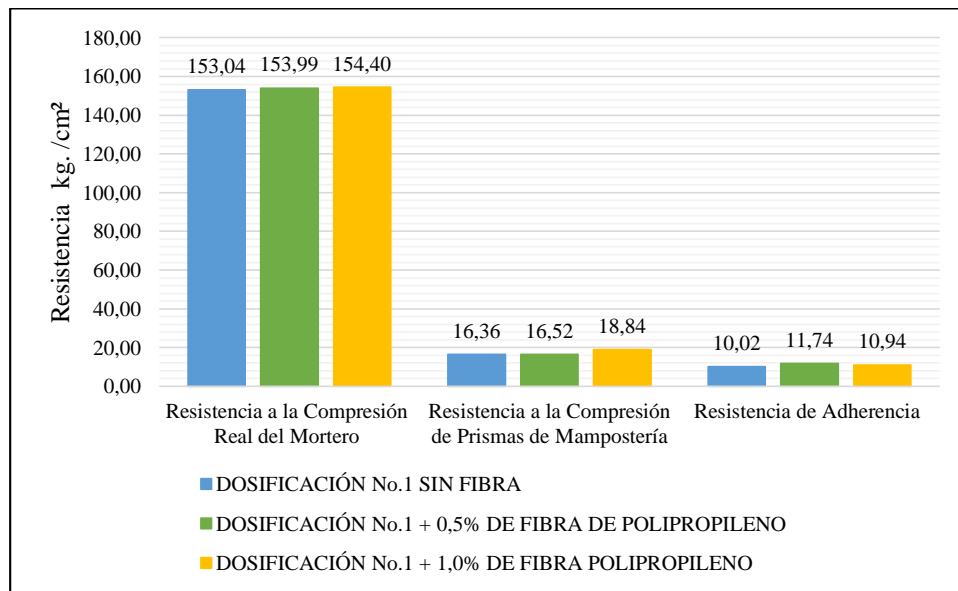


Fuente: Julio Castro

La figura #20 representa la resistencia de adherencia entre unidades de mampostería unido con mortero de la dosificación No.2 incorporado diferentes tipos de fibras en un porcentaje de 1,0%. Donde la resistencia de adherencia con fibra de vidrio disminuyó 8,41%, con fibra de acero disminuyó 13,44% y con fibra de polipropileno disminuyó 0,98%, en comparación con la resistencia de adherencia sin fibra.

Con lo analizado se establece que el mortero de la dosificación No.1 con fibra de polipropileno presentó mayor resistencia a la compresión y adherencia, en comparación con las muestras de mortero tradicional, con fibra de vidrio y acero.

Gráfico #21: Resistencia a la Compresión y Adherencia del Mortero de la Dosificación No.1 Incorporado Fibra de Polipropileno Vs. Porcentajes de Fibra de Polipropileno



Fuente: Julio Castro

La figura #21 representa los resultados de las resistencias obtenidas de las muestras de mortero de la dosificación No.1 con fibra de polipropileno. Donde la resistencia a la compresión real del mortero añadido 0,5% de fibra de polipropileno aumentó 0,62% y añadido 1,0% de fibra de polipropileno aumentó 0,89%, en comparación a la resistencia real del mortero sin fibra (152,96 kg/cm²).

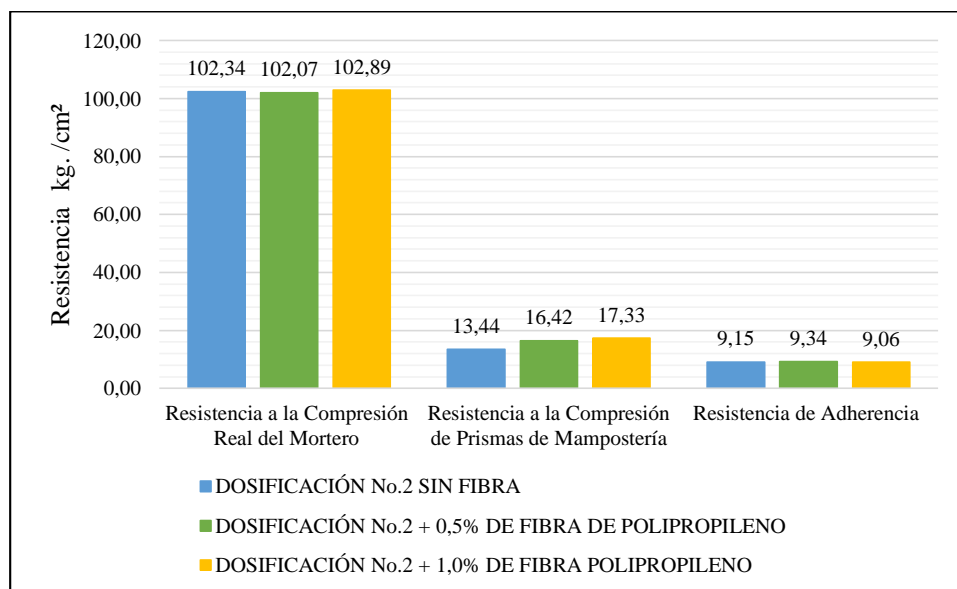
La resistencia a la compresión de prismas de mampostería unido con mortero añadido 0,5% de fibra de polipropileno aumentó 0,98% y añadido 1,0% de fibra de polipropileno aumentó 15,16%, en comparación a la resistencia de prismas unido con mortero sin fibra.

La resistencia de adherencia entre unidades de mampostería unido con mortero añadido 0,5% de fibra de polipropileno aumentó 17,17% y añadido 1,0% de fibra de

polipropileno aumentó 9,18%, en comparación a la resistencia de las unidades de mampostería unido con mortero sin fibra.

También se puede mencionar que el mortero de la dosificación No.2 con fibra de polipropileno presentó mayor resistencia a la compresión y adherencia.

Gráfico #22: Resistencia a la Compresión y Adherencia del Mortero de la Dosificación No.2 Incorporado Fibra de Polipropileno Vs. Porcentajes de Fibra de Polipropileno



Fuente: Julio Castro

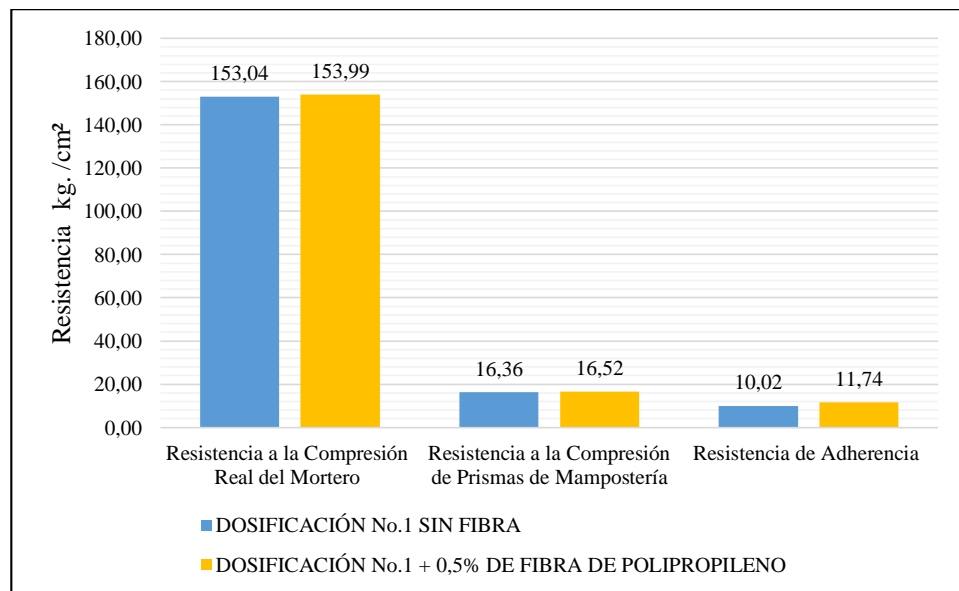
La figura #22 representa los resultados de las resistencias obtenidas de las muestras de mortero de la dosificación No.2 con fibra de polipropileno. Donde la resistencia a la compresión real del mortero añadido 0,5% de fibra de polipropileno decreció 0,26% y añadido 1,0% de fibra de polipropileno aumentó 0,54%, en comparación a la resistencia real del mortero sin fibra.

La resistencia a la compresión de prismas de mampostería unido con mortero añadido 0,5% de fibra de polipropileno aumentó 22,17% y añadido 1,0% de fibra de polipropileno aumentó 28,94%, en comparación a la resistencia de prismas unido con mortero sin fibra.

La resistencia de adherencia entre unidades de mampostería unidos con mortero añadido 0,5% de fibra de polipropileno aumentó 2,08% y añadido 1,0% de fibra de polipropileno disminuyó 0,98%, en comparación a la resistencia de las unidades de mampostería unido con mortero sin fibra.

De lo analizado se establece que las muestras de mortero de la dosificación No.1 y 0,5% de fibra de polipropileno presentan mayor resistencia a la compresión y adherencia al ser comparadas con las resistencias de la dosificación No.2 con fibra de polipropileno.

Gráfico #23: Resistencia a la Compresión y Adherencia del Mortero de la Dosificación No.1 Incorporado Fibra de Polipropileno Vs. 0,5% de Fibra de Polipropileno



Fuente: Julio Castro

La figura #23 representa las resistencias de la dosificación No.1 con 0,5% fibra de polipropileno, donde podemos observar que la resistencia a la compresión real del mortero es superiores a la del mortero tradicional en 0,62%, la resistencia de prismas de mampostería en 0,98% y la resistencia de adherencia en 17,17%.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Por medio de los ensayos realizados a las diferentes muestras se puede establecer que las fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, aplicadas como fibras de refuerzo influyen directamente en la resistencia a la compresión y adherencia de los morteros de cemento utilizados para unir mampostería.

Con la fibra de vidrio la resistencia a la compresión y adherencia disminuyeron, con la fibra de acero la resistencia a la compresión aumentó y la resistencia de adherencia disminuyó; y con la fibra de polipropileno la resistencia a la compresión y adherencia aumentaron.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se concluye que la dosificación No.1 con 0,5% de fibra de polipropileno presentó mejores características en los ensayos de resistencia a la compresión real del mortero, resistencia a la compresión de prismas de mampostería y resistencia de adherencia.

- La incorporación de la fibra de acero al mortero de la dosificación No.1 y No.2 en un porcentaje de 0,5% y 1,0% causó un incremento en la resistencia a la compresión real del mortero, resistencia a la compresión de prismas de mampostería pero disminuyó la resistencia de adherencia, en comparación con las resistencias de los morteros tradicionales y los morteros con fibra de vidrio y polipropileno.

- La incorporación de la fibra de vidrio al mortero de la dosificación No.1 y No.2 en un porcentaje de 0,5% y 1,0% ocasionó disminución en la resistencia a la compresión real del mortero, resistencia a la compresión de prismas de mampostería y resistencia de adherencia, en comparación con las resistencias de los morteros tradicionales y los morteros con fibra de acero y polipropileno.

- El mortero de cemento de la dosificación No.1 y 0,5% de fibra de polipropileno que presentó mejores características, alcanza una resistencia a la compresión real del mortero de 153, 99 kg. /cm², una resistencia a la compresión de prismas de mampostería de 16,52 kg. /cm² y una resistencia de adherencia de 11,74 kg. /cm²; siendo resistencias mayores en comparación a las resistencia del mortero tradicional, las mismas que llegan a una resistencia a la compresión real del mortero de 153, 04 kg. /cm², una resistencia a la compresión de prismas de mampostería de 16,36 kg. /cm² y una resistencia de adherencia de 10,02 kg. /cm².

- En los ensayos a la compresión real del mortero el aumento de la cantidad de arena en la dosificación No.2 ocasionó una disminución de la resistencia del mortero, en comparación con la resistencia de la dosificación No.1 que presentó mayor resistencia.

- La siguiente relación 1:2,75 + 0,5% correspondiente al mortero de la dosificación No.1 y 0,5% de fibra de polipropileno presentó mayores resistencias de compresión y adherencia, siendo la mejor de las dosificaciones estudiadas.

- En los ensayos de la resistencia a la compresión real del mortero de la dosificación No.1 añadido 0,5% de fibra de polipropileno se obtuvo una resistencia de 153,99 kg. /cm² lo equivale a un incremento de 0,67%, valor que es superior a 152,96 kg. /cm² (15 MPa) establecido como mínima resistencia en la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 para morteros tradicionales usados como morteros para unir mamposterías.

- En los ensayos de adherencia de la dosificación No.1 con 0,5% de fibra de polipropileno se obtuvo una resistencia de adherencia de 11,74 kg. /cm², valor que es superior a 3,87 kg. /cm² (0,38 MPa [17]) indicado como mínima resistencia obtenida en una investigación anterior para morteros tradicionales usados para unir mampostería.

- La fibra de polipropileno ha demostrado mantener trabajabilidad al momento de realizar la mezcla de los materiales en comparación con la fibra de vidrio y acero las mismas que presentaron dificultad.

- Las fibras usadas en la elaboración de las muestras al ser fibras artificiales no quitaron agua de mezclado al mortero, a razón de que presentan una superficie impermeable.

5.2 RECOMENDACIONES

- Al añadir fibra de polipropileno en el mortero se recomienda mezclar los materiales hasta tener una masa homogénea, con la finalidad de tener una distribución de la cantidad de fibra proporcional en toda la matriz.

- Es recomendable que exista mayor presión entre el mortero que contiene fibra y las unidades de mampostería a ser colocadas, con la finalidad de adquirir mayor adherencia.

- Para la utilización de fibra de vidrio y acero en los morteros se recomienda disminuir la longitud de las hilachas que constituyen la fibra, con la finalidad de mejorar la trabajabilidad en la mezcla y tener una distribución homogénea de las fibras en la masa.

- Se recomienda que la mampostería artesanal (ladrillo común) no tengan mucha porosidad y se encuentren mojadas sin exceso, con el fin de no quitar agua al mortero y tampoco adicionar, siendo factores que influyen en la resistencia final.

- Se recomienda utilizar porcentajes de fibra de 0,5% en relación a la suma del peso del cemento y arena que componen el mortero, para lograr buena trabajabilidad, un incremento en la resistencia real del mortero y mayor adherencia entre el mortero y las unidades de mampostería.

- Se recomienda que al realizar la mezcla se incorpore por partes la cantidad de agua con la finalidad de una mejor distribución de las fibras.

- Para futuras investigaciones se recomienda realizar ensayos para morteros de recubrimiento añadiendo fibras artificiales y naturales.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

[1] M. Mamlouk y J. Zaniewski, *Materiales para Ingeniería Civil*, Madrid, España: Pearson, 2009.

[2] M. Astroza y M. Muñoz, “Estudio sobre la Resistencia de Adherencia de la Albañilería en Chile”, Universidad de Chile, Santiago, Chile, XXXIII Jornada Sudamericana de Ingeniería Estructural, 2008.

[3] C. Hornbostel, *Materiales para Construcción: Tipos, Usos y Aplicaciones*. México, D.F.: Limusa Wiley, 2002.

[4] F. Prado y M. Gonzales, “Incidencia de la adición de fibras poliméricas para morteros sobre resistencia a flexión y compresión de estucos de barro”, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, Revista de la Construcción, 2012.

[5] G. González, “Estudio de durabilidad de paredes de Mampostería reforzadas con mortero y fibras naturales y artificiales”, Memoria de título, Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, Marzo 2015.

[6] P. Mármol, “Hormigones con Fibras de Acero – Características Mecánicas”, Trabajo Fin de Master, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Madrid, España, 2010.

[7] L. Octavio, “Generalidades sobre las fibras Artificiales”, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia, 2010.

[8] M. Millán, “Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno y su influencia en sus propiedades en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua”, Trabajo de graduación estructurado de manera independiente previo a la obtención del título de ingeniera civil, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2013.

[9] *Materiales para la Construcción*, Barcelona, España: Ceac, 1983.

[10] F. Orús, *Materiales de construcción*. Madrid, España: Dossat, 1985.

[11] L. Silva, “Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero y su influencia en sus propiedades mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua”, Trabajo de graduación estructurado de manera independiente previo a la obtención del título de ingeniera civil, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2014.

[12] F. Puertas, T. Amat y T. Vásquez, “Comportamiento de morteros de cemento alcalinos reforzados con fibras acrílicas y de polipropileno”. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Madrid, España, Revista Materiales de Construcción, 2000.

[13] A. Irías, “Refuerzo de elementos estructurales con hormigones con fibras o solo fibras”, Trabajo Fin de Master, Departamento de Ingeniería Civil: Construcción, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2013.

[14] A. Enfedaque, D. Cendón, F. Gálvez y V. Sánchez – Gálvez, “Envejecimiento y pérdida de propiedades en los morteros de cemento reforzados con fibras de vidrio (GRC)”, Departamento de Ciencias de Materiales, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2009.

[15] A. Navas, “Propiedades a compresión de la mampostería de bloques de concreto”, Revista de la Universidad de Costa Rica, Vol. 17, San José, Costa Rica, 2007.

[16] NEC - SE - MP, Mampostería Estructural, Dirección de Comunicación Social: MIDUVI, Quito, Ecuador, 2015, pp.21.

[17] J. Cabrera, “La adherencia en los morteros de albañilería”, Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción, Cuba, 1995.

[18] NEC - SE - MP, Mampostería Estructural, Dirección de Comunicación Social: MIDUVI, Quito, Ecuador, 2015, pp.53.

[19] ASTM C109, Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or 50-mm Cube Specimens), ASTM International, United States, 2003.

[20] ASTM C952, Standard Test Method for Bond Strength of Mortar to Masonry Units, ASTM International, United States, 2003.

[21] ASTM C348-97, Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars, ASTM International, United States, 2002.

2. ANEXOS

2.1 IMÁGENES DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA DEL CEMENTO

Imagen No.1 Densidad Relativa Procedimiento Gravimétrico (Picnómetro)



DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL AGREGADO FINO

Densidad Relativa y Capacidad de Absorción del Agregado Fino

Imagen No.2 Agregado Fino SSS (Saturado Superficialmente Seco)



Imagen No.3 Preparación de la Muestra



Imagen No.4 Densidad Relativa – Procedimiento Picnómetro



Imagen No.5 Peso Volumétrico Suelto del Agregado Fino

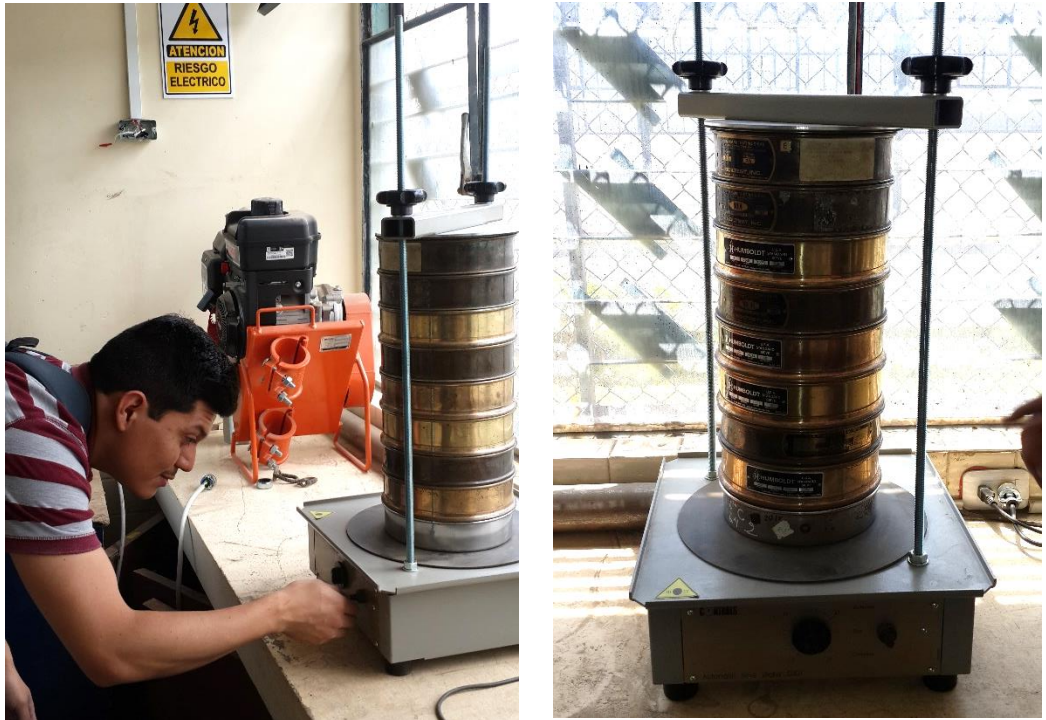


Granulometría del Agregado Fino

Imagen No.6 Cantidad de la Muestra



Imagen No.7 Agitador de Tamices



CONSTRUCCIÓN DE LAS MUESTRAS

Imagen No.8 Almacenamiento de los Mampuestos (Ladrillo Común)



Imagen No.9 Cantidad de Fibra de Vidrio, Agregado Fino y Cemento



Imagen No.10 Mezcla del Mortero con Fibra de Vidrio



Imagen No.11 Mezcla del Mortero con Fibra de Acero



Imagen No.12 Mezcla del Mortero con Fibra de Polipropileno



Imagen No.13 Colocación de los Materiales



Imagen No.14 Elaboración del Mortero



Imagen No.15 Construcción de Prismas de Mampostería y Muestras de Adherencia



Imagen No.16 Muestras de Adherencia y Prismas de Mampostería



Imagen No.17 Elaboración de Cubos para la Resistencia Real del Mortero



Imagen No.18 Curado de las Muestras



ENSAYO A COMPRESIÓN

Ensayo de Cubos de Mortero

Imagen No.19 Mortero sin Fibra



Imagen No.20 Mortero con Fibra de Polipropileno



Imagen No.21 Mortero con Fibra de Vidrio



Imagen No.22 Mortero con Fibra de Acero



Imagen No.23 Ensayo de Prismas de Mampostería



Imagen No.24 Tipo de Falla de los Prismas de Mampostería



Imagen No.25 Ensayo de Adherencia

