



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**FICHA COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO
DEL MORTERO REFORZADO CON FIBRAS DE ACEROS EN
DIFERENTES TIPOS DE MAMPOSTERÍA UTILIZADOS EN
EDIFICACIONES DE ESTRUCTURA METÁLICA SOMETIDOS A
EFECTOS SISMICOS**

TUTOR

MAE. ING. ALEX BOLÍVAR SALVATIERRA ESPINOZA

AUTORES

**FREDDY FERNANDO LAVAYEN MÉNDEZ
DANIEL TOMÁS TIGUA YÁNEZ**

GUAYAQUIL

2020

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Ficha comparativa del comportamiento mecánico del mortero reforzado con fibras de aceros en diferentes tipos de mampostería utilizados en edificaciones de estructura metálica sometidos a efectos sísmicos.

AUTOR/ES:

Freddy Fernando Lavayen Méndez
Daniel Tomás Tigua Yánez

REVISORES O TUTORES:

Mae. Ing. Civ. Alex Salvatierra Espinoza

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente Rocafuerte de
Guayaquil

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN.

CARRERA:

Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2020

N. DE PAGS:

107

ÁREAS TEMÁTICAS:

Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Fibra, Acero, Sismo, Ingeniería Civil, Mecánica.

RESUMEN:

En esta investigación se especifica la adición de fibras al mortero simple en grados de porcentajes dependientes, en el cual, se toma la cantidad de fisuraciones que llega a poseer una mampostería después de un movimiento sísmico o de la retracción de la misma, ya sea por sus propiedades o materiales a usar. Con los resultados experimentales se obtuvieron explicaciones inversamente proporcionales llegando a concluir que a mayor porcentaje de fibras de acero en el mortero su resistencia es menor a la del mortero simple o propiamente en menor cantidad de fibras, así como a porcentajes menores de fibras la resistencia es mayor. Mientras que el mortero con porcentajes de fibras de acero mayores disminuye el grado de fisuraciones, por lo tanto el mortero con porcentajes de fibras de acero menos aumenta el grado de fisuraciones en la mampostería tipo.

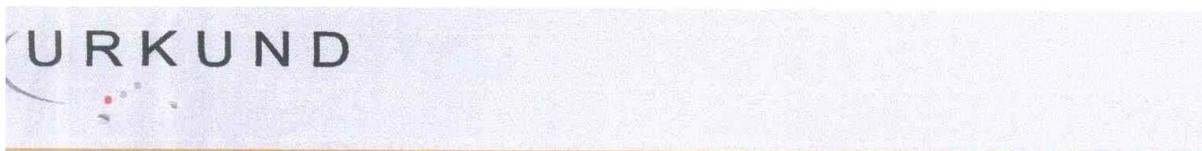
N. DE REGISTRO (en base de datos):

N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Freddy Fernando Lavayen Méndez Daniel Tomás Tigua Yáñez	Teléfono: 0989600205 0988279073	E-mail: flavayenm@ulvr.edu.ec dtiguay@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mae. Ing. Civ. Alex Salvatierra Espinoza Decano de Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Teléfono: 2596500 Ext. 241 E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS LAVAYEN - TIGUA.docx (D60574265)
Submitted: 09/12/2019 3:52:00
Submitted By: freddy.lavayen@hotmail.com
Significance: 8 %

Sources included in the report:

TESIS TERMINADA 190819 urkund.docx (D54903438)
8. Sotero Velez, Diana. Rev.1.pdf (D54443900)
 <https://docplayer.es/58659215-Universidad-tecnica-de-ambato.html>
<https://docplayer.es/56828436-Ano-de-la-promocion-de-la-industria-responsable-y-del-compromiso-climatico-universidad-nacional-de-huancavelica-creada-por-ley-no-25265.html>

Instances where selected sources appear:

26

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Alex Bolívar Salvatierra Espinoza".

MAE. Ing. Alex Bolívar Salvatierra Espinoza

C.C. 0913059531

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados Lavayen Méndez Freddy Fernando y Tigua Yánez Daniel Tomás, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, Ficha comparativa del comportamiento mecánico del mortero reforzado con fibras de aceros en diferentes tipos de mampostería utilizados en edificaciones de estructura metálica sometidos a efectos sísmicos, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores



Lavayen Méndez Freddy Fernando

C.I. 0913818860



Tigua Yánez Daniel Tomás

C.I. 0926330556

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación **FICHA COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL MORTERO REFORZADO CON FIBRAS DE ACEROS EN DIFERENTES TIPOS DE MAMPOSTERÍA UTILIZADOS EN EDIFICACIONES DE ESTRUCTURA METÁLICA SOMETIDOS A EFECTOS SISMICOS**, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de **INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**, de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: **FICHA COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL MORTERO REFORZADO CON FIBRAS DE ACEROS EN DIFERENTES TIPOS DE MAMPOSTERÍA UTILIZADOS EN EDIFICACIONES DE ESTRUCTURA METÁLICA SOMETIDOS A EFECTOS SISMICOS**, presentado por los estudiantes **FREDDY FERNANDO LAVAYEN MÉNDEZ Y DANIEL TOMÁS TIGUA YÁNEZ** como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**, encontrándose apto para su sustentación.



MAE. Ing. Alex Bolívar Salvatierra Espinoza

C.C. 0913059531

AGRADECIMIENTO

A Dios por acompañarme y permitirme vivir día a día en este mundo hermoso, además de poder lograr mis objetivos.

A mi esposa y mi hija por haber estado presente en todos los momentos difíciles y enseñarme a luchar para alcanzar mis metas.

Agradezco a cada una de las personas quienes forman parte de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, a todos los profesores quienes supieron brindarme sus conocimientos de manera incondicional.

A mis compañeros y amigos con quienes compartí gratos momentos de clases.

Freddy Fernando Lavayen Méndez.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a Dios, quien ha estado a mi lado en todo momento y me ha permitido llegar a éste importante momento de mi vida.

A mi esposa Narcisa y a mi hija Lizbeth, quienes han sido mi apoyo y pilar fundamental durante todo el tiempo de mi formación profesional, las mismas que han sabido sobrellevar todo tipo de dificultades y sobretodo me decían siempre la palabra, Sigue, Sigue hasta el final.

A mi Madre Irene Méndez, quien gracias a su dedicación logró que llegue al lugar donde estoy, y sea una persona de bien en beneficio de la sociedad.

A mi Padre Abdón Lavayen y a mi Abuela Carlota Zambrano, quienes desde el cielo me han hecho compañía, y quienes estoy seguro me han vigilado y me han cuidado durante todo el camino recorrido.

Freddy Fernando Lavayen Méndez.

AGRADECIMIENTO

Durante todo este tiempo conté con el apoyo incondicional que me brindó mi madre, su nivel espiritual y las ganas de verme salir adelante fueron objetivos propuestos que al final están siendo alcanzados.

Dentro de un legado que incluye a mi familia donde son mi complemento para entregarle este pequeño logro y a los nuevos integrantes de mi vida que son mi esposa Ariana y a mi pequeño Sebas, motivo el cual son partícipes para guiar y ser partícipe de un gran camino que se nos avecina.

Una mención especial para mi compañero de tesis el Sr. Freddy Lavayen por haber participado de este trabajo de investigación, la paciencia y sus conocimientos lograron que dentro de este tiempo que duró el presente trabajo estuviese concluido.

Daniel Tomás Tigua Yáñez.

DEDICATORIA

Por medio del presente dedico este trabajo a las múltiples personas que estuvieron brindándome su apoyo, la más importante fuente de inspiración para conseguir objetivos es mi señora madre, y al ser que me la puso en mi camino, para quien sea que guie durante todo este largo proceso de crecimiento es Dios.

Una dedicatoria para los docentes de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, en su gran mayoría son ejemplos a seguir a nivel académico y profesional, la calidad humana que hacen de ellos excelentes maestros.

Daniel Tomás Tigua Yáñez.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
PORTADA	i
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	ii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES	v
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
ÍNDICE GENERAL.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ABREVIATURAS	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Tema.	3
1.2. Planteamiento del problema.	3
1.3. Formulación del problema.....	4
1.4. Sistematización del problema.....	4
1.5. Objetivo general.	4
1.6. Objetivos específicos.....	4
1.7. Justificación.....	5

1.8. Delimitación de la investigación.	6
1.9. Hipótesis.	7
1.10. Línea de Investigación.	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Marco teórico.	8
2.2. Marco conceptual.	11
2.3. Marco Legal.	46
CAPÍTULO III	50
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	50
3.1. Metodología.	50
3.2. Tipo de Investigación.	50
3.3. Enfoque de la Investigación.	50
3.4. Técnicas de Investigación.	51
3.5. Población.	51
3.6. Muestra.	51
CAPÍTULO IV	52
INFORME FINAL	52
4.1. Recolección de datos.	52
4.2. Presentación de resultados.	61
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXOS FOTOGRÁFICOS	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
<i>Gráfico 1</i> Fisuras presentadas en paredes exteriores	3
<i>Gráfico 2</i> Fabricación del Cemento.	12
<i>Gráfico 3</i> Impurezas Inorgánicas	20
<i>Gráfico 4</i> Secciones de las Fibras más comunes	23
<i>Gráfico 5</i> Formas Geométricas de las Fibras.	23
<i>Gráfico 6</i> Mampostería.	25
<i>Gráfico 7</i> Mampostería Simple.	25
<i>Gráfico 8</i> Mampostería Simple.	26
<i>Gráfico 9</i> Mampostería Reforzada.	27
<i>Gráfico 10</i> Mampostería Reforzada.	27
<i>Gráfico 11</i> Mampostería Reforzada.	28
<i>Gráfico 12</i> Mampostería de Muros Confinados.	28
<i>Gráfico 13</i> Mampostería de Muros Confinados.	29
<i>Gráfico 14</i> Mampostería de Muros Confinados.	30
<i>Gráfico 15</i> Mampostería de Muros Confinados.	31
<i>Gráfico 16</i> Estado Límite de Falla.	35
<i>Gráfico 17</i> Estado Límite de Servicio.	36
<i>Gráfico 18</i> Tipos de Cargas.	37
<i>Gráfico 19</i> Nombres y Símbolos de Perfiles Metálicos.	39
<i>Gráfico 20</i> Fisuras en el concreto reforzado.	40
<i>Gráfico 21</i> Fisura superficial.	41
<i>Gráfico 22</i> Fisura pasante.	42
<i>Gráfico 23</i> Reparación de fisuras.	43
<i>Gráfico 24</i> Exposición de fisuras a medios ambientales.	45
<i>Gráfico 25</i> Ensayo de granulometría de la arena.	52
<i>Gráfico 26</i> Granulometría de la arena.	54
<i>Gráfico 27</i> Ensayo de impurezas orgánicas de la arena.	56
<i>Gráfico 28</i> Determinación del contenido de cemento.	57

Gráfico 29 Determinación de la relación agua – cemento.....	58
Gráfico 30 Elaboración de cilindros de mortero para ensayos de compresión...	60
Gráfico 31 Resistencia a la compresión del mortero de diseño.....	62
Gráfico 32 Resistencia a la compresión del mortero a los 3 días.....	62
Gráfico 33 Resistencia a la compresión a los 14 días.....	63
Gráfico 34 Resistencia a la compresión a los 28 días.....	63
Gráfico 35 Fisuras presentadas por retracción hidráulica.....	64
Gráfico 36 Fisuras presentadas en mampostería de bloques de hormigón.....	66
Gráfico 37 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,0 % de fibras de acero en mampostería de bloques de hormigón.....	67
Gráfico 38 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,2 % de fibras de acero en mampostería de bloques de hormigón.....	68
Gráfico 39 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,5 % de fibras de acero en mampostería de bloques de hormigón.....	68
Gráfico 40 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 1,0 % de fibras de acero en mampostería de bloques de hormigón.....	69
Gráfico 41 Fisuras presentadas en mampostería de bloques de piedra pómez..	70
Gráfico 42 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,0 % de fibras de acero en mampostería de bloques de piedra pómez.....	70
Gráfico 43 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,2 % de fibras de acero en mampostería de bloques de piedra pómez.....	71
Gráfico 44 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,5 % de fibras de acero en mampostería de bloques de piedra pómez.....	72
Gráfico 45 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 1,0 % de fibras de acero en mampostería de bloques de piedra pómez.....	72
Gráfico 46 Fisuras presentadas en mampostería de bloques de arcilla.....	73
Gráfico 47 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,0 % de fibras de acero en mampostería de bloques de arcilla.....	74
Gráfico 48 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,2 % de fibras de acero en mampostería de bloques de arcilla.....	74

Gráfico 49 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,5 % de fibras de acero en mampostería de bloques de arcilla.....	75
Gráfico 50 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 1,0 % de fibras de acero en mampostería de bloques de arcilla.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Tipos de Mortero, Dosificación y Resistencia mínima a la compresión a los 28 días.</i>	12
Tabla 2 <i>Tipos de Cemento.</i>	13
Tabla 3 <i>Especificación Granulométrica del Agregado Fino</i>	15
Tabla 4 <i>Distribución de partículas</i>	16
Tabla 5 <i>Tipos de arena según su finura.</i>	16
Tabla 6 <i>Clasificación de la arena en función del módulo de finura.</i>	16
Tabla 7 <i>Característica técnica del Agua.</i>	18
Tabla 8 <i>Límites mayores del contenido de sustancias – Agua potable.</i>	19
Tabla 9 <i>Límites máximos de sustancias en agua no potable.</i>	19
Tabla 10 <i>Ventajas y desventajas de las Fibras de Acero.</i>	24
Tabla 11 <i>Tipos de piezas.</i>	31
Tabla 12 <i>Resistencia en compresión de piezas.</i>	32
Tabla 13 <i>Peso volumétrico neto mínimo de piezas en estado seco.</i>	32
Tabla 14 <i>Peso volumétrico neto mínimo de piezas en estado seco.</i>	32
Tabla 15 <i>Aspectos Fundamentales para el diseño.</i>	34
Tabla 16 <i>Requisitos Básicos para un diseño</i>	35
Tabla 17 <i>Anchos de fisuras.</i>	45
Tabla 18 <i>Cuadro Resumen – Metodología.</i>	53
Tabla 19 <i>Granulometría de la arena.</i>	55
Tabla 20 <i>Peso volumétrico suelto y porcentaje de absorción de la arena</i>	56

Tabla 21 <i>Dosificación para 1 m³ de mortero.</i>	59
Tabla 22 <i>Resistencia a la compresión de morteros con fibra de acero.</i>	61
Tabla 23 <i>Tabla de fisuras presentadas.</i>	65
Tabla 24 <i>Tabla de fisuras presentadas en mampostería de bloques de hormigón.</i>	66
Tabla 25 <i>Tabla de fisuras presentadas en mampostería de bloques de piedra pómez.</i>	69
Tabla 26 <i>Tabla de fisuras presentadas en mampostería de bloques de arcilla.</i>	73

ABREVIATURAS

ACI: American Concrete Institute. (Instituto Americano del Concreto).

AISC: American Institute of Steel Construction. (Instituto Americano de la Construcción en Acero).

ASTM: American Society of Testing Materials. (Asociación Americana de Ensayo de Materiales).

CEB: Comité Euro-International du Béton.

CRFA: Concreto Reforzado con Fibras de Acero.

LRFD: Load and Resistance Factor Design. (Diseño de Factor de Carga y Resistencia).

MIDUVI: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (Ecuador).

NEC: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

NEC-HS: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Habitabilidad y Salud.

NEC-SE-MP: Norma Ecuatoriana de la Construcción - Seguridad Estructural de las Edificaciones - Mampostería Estructural.

NTE-INEN: Norma Técnica Ecuatoriana - Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NMX: Normas Mexicanas

NMX-C: Normas Mexicanas – Industria de la Construcción.

ONNCCE: Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. (México).

INTRODUCCIÓN

Entre los sistemas constructivos más utilizados en nuestro país, la mampostería es un recurso muy utilizado en las construcciones de edificaciones, para la construcción de dicho sistema se requiere el uso de bloques o ladrillos de diferentes tipos de materiales los mismo que son ligados con un mortero cementante, este material debe ser fabricado con materias primas de buena calidad y que facilite tanto su preparación como su colocación.

Tanto en el Ecuador como a nivel mundial existen investigaciones sobre el uso de mortero de junta y de enlucidos como sistema constructivo, sin embargo, existe muy poco conocimiento sobre las propiedades de este material, y es erróneo suponer que, teniendo un adecuado conocimiento sobre hormigones, esto también sirva para morteros ya que el mismo se diferencia tanto en consistencia en obra, como en su método de fabricación y colocación y en su posterior curado.

El acero como técnica constructiva, ha sido durante los últimos años uno de los más usados en la parte estructural de edificaciones de baja, media y gran envergadura. Poco a poco el acero se ha ido introduciendo como uno de los elementos de mayor demanda en la construcción ya que facilita la esbeltez de modernas obras de estructuras metálicas.

Uno de los grandes desafíos de la construcción fue poder combinar el uso de mampostería ligada con mortero y estructura metálica, la mampostería tiene como característica trabajar de manera eficiente a esfuerzo de compresión dados por la carga axial o vertical que se genera debido a tanto a cargas vivas o muertas o al peso propio de la mampostería, sin embargo aparte esta debe soportar fuerzas cortantes y de momentos flexionantes ocasionados por movimientos sísmicos o empujes causados por el viento, agua o suelo.

La mampostería puede ser estructural y no estructural, siendo no estructural al ser usada en combinación con estructura metálica por lo que debe soportar solamente su propio peso y se utilizan generalmente como paredes divisorias o de fachadas. La mampostería presenta muchas ventajas si es construida con mano de obra calificada, una óptima supervisión y bajo condiciones adecuada de diseño. La presencia de fisuración en el mortero de enlucido en los trabajos de ingeniería civil pudiera ser algo normal sin

embargo es un fenómeno poco deseado que tiene varios efectos como estéticos, térmicos incluso de resistencia que pudiera afectar a los demás componentes de la obra.

El mortero reforzado con fibras de acero es el mortero formado por un conglomerado hidráulico, generalmente cemento portland, áridos finos, agua, fibras y demás aditivos, proporcionar la cantidad adecuada de fibras de acero es la que aportará al mortero un mayor o menor esfuerzo, que se traducirá en acrecentar sus características físicas, aminorar el efecto de fisuración y resistencia a la flexotracción. La buena adherencia entre la masa del mortero y la fibra añadida, es la que hará que este conglomerado tenga valor y que convierta al mortero en un material que reduzca su fisuración.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema.

Ficha comparativa del comportamiento mecánico del mortero reforzado con fibras de aceros en diferentes tipos de mampostería utilizados en edificaciones de estructura metálica sometidos a efectos sísmicos.

1.2. Planteamiento del problema.

Uno de los inconvenientes que se presentan en una edificación posterior a un movimiento sísmico suelen ser las apariciones de fisuras, las cuales se pueden presentar en las paredes, los tumbados o en los elementos estructurales, ya que las mismas pueden dar lugar al colapso o no de una edificación. En Ingeniería Civil lo que se busca en las construcciones es controlar la aparición de fisuras, ya que éstas afectan las propiedades de impermeabilización de paredes y estructuras facilitando el acceso de agua, aire u otros agentes externos al interior de las mismas, provocando así su posterior deterioro.



Gráfico 1 Fisuras presentadas en paredes exteriores
Fuente: (Coruña, 2018)

Para evitar que una edificación colapse ante un movimiento sísmico, lo que debe lograr es un comportamiento por flexión que permita el desplazamiento de las estructuras,

ante esto se ha hecho muy común el uso del acero como materia prima para la construcción de elementos estructurales, más sin embargo la estructura metálica permite que la estructura de deforme y se adapte a los desplazamientos que requiere el sismo. Sin embargo, la mampostería y el mortero utilizado en la construcción de los muros y paredes no gozan de dichas propiedades, al ser estos componentes de mayor rigidez y que sufren ante el movimiento de los elementos estructurales.

1.3. Formulación del problema.

¿Cómo controlar la aparición de fisuras posterior a los movimientos sísmicos en edificaciones de estructura metálica?

¿Cómo contribuye la adición de fibras de acero al mortero usado en diferentes tipos de mampostería para mitigar el efecto de fisuración?

1.4. Sistematización del problema.

- ¿Afectan los elementos estructurales metálicos a la mampostería en caso de movimientos sísmicos debido a su rigidez?
- ¿Cómo afecta a las edificaciones la presencia de fisuras en los revestimientos exteriores?
- ¿Es posible lograr un mortero menos rígido que se adapte a los comportamientos mecánicos de los elementos estructurales?
- ¿Ayuda la adición de fibras metálicas al mortero a aliviar el efecto de fisuraciones en los enlucidos?

1.5. Objetivo general.

Evaluar mediante una ficha comparativa el comportamiento de las fibras de acero adicionadas en el mortero de enlucido usados en diferentes tipos de mampostería.

1.6. Objetivos específicos.

- Determinar el comportamiento estructural de ciertos tipos de mampostería sometidos a la acción sísmica para controlar fisuraciones.

- Describir los requisitos mínimos de la resistencia estructural de mampostería ante la acción de sismos para seguridad y bienestar general.
- Elaborar una guía de diseño para un adecuado sistema constructivo en el uso de mampostería.

1.7. Justificación.

Debido a que en las diferentes obras de ingeniería civil el mortero utilizado en mampostería tanto en juntas como en enlucidos presenta diferentes comportamientos durante el ciclo de fraguado y posterior a esto, que permiten ver como una de sus mayores debilidades la fisuración ya sea por asentamientos o contracción plástica, entre otras; es por esto que el sector de la construcción ha venido implementando en el mercado el uso de aditivos u otros tipos de materiales con propiedades físicas que mejoren la calidad del mortero que se proyecte.

Los morteros más usados que se elaboran en nuestro país están compuestos por una mezcla hecha de cemento, agregado fino y agua, este mortero presenta entre sus propiedades positivas la facilidad de trabajo, sin embargo, la alta presencia de humedad es uno de los mayores problemas, sumado a esto de que la calidad de la mampostería que se usa no contribuye a la rápida pérdida de la humedad.

Los movimientos sísmicos que afectan a muchos países, entre ellos el nuestro, se ven en la obligación de mejorar la calidad de los materiales usados en la construcción de obras de Ingeniería, de manera particular se busca mejorar la calidad del mortero tanto de pega como de relleno, con el propósito de mejorar la adherencia de las piezas de mampostería y de reducir la presencia de fisuras, las cuales afectan la vida útil de una edificación.

Países con un alto nivel de peligrosidad sísmica como el caso de Ecuador, innovan los procesos constructivos tradicionales con el uso de nuevos aditivos en la elaboración de hormigones y morteros. Entre uno de estos aditivos se encuentra la fibra las cuales han demostrado una gran capacidad para reducir fisuraciones e incrementar la resistencia del mortero.

El sistema constructivo implementado con estructura metálica y con mampostería es ampliamente utilizado, sin embargo la información disponible para llevar una buena práctica y la calidad de los materiales es muy escasa, por otro lado también se desconoce el aporte del mortero a este tipo de sistema y demostrar las variables que se deben de tomar en cuenta para lograr la mejor relación entre la estructura metálica y la mampostería con mortero, para es necesario pruebas de resistencia para generar suficiente información que establezca ciertos patrones con lo que se requerirá en obra y así dar seguridad tanto al constructor como al usuario.

El uso de la fibra metálica tiene como objetivo aumentar la resistencia del mortero y disminuir las fisuras, al distribuir las fibras metálicas de manera homogénea en el mortero, estas formarán una micro-estructura metálica que contrarrestará la presencia de fisuras tanto por asentamientos, contracción plástica o movimientos sísmicos. Con el propósito de ayudar con la conservación del medio ambiente se utilizarán fibras de acero con materiales reciclados. Las dificultades que se presentan en la ejecución de reparaciones de morteros con alta presencia de fisuras, constituyen un argumento importante en la realización de la presente investigación.

En nuestro medio existen una gran cantidad de edificaciones que posee una elevada cantidad de área de enlucidos con características muy diferentes que necesitan repararse, realizar un estudio a fondo que permita dar recomendaciones sobre el método constructivo y la selección de los materiales para dichas reparaciones revelan limitaciones significativas.

1.8. Delimitación de la investigación.

Campo:	Educación Superior. Tercer nivel de grado
Área:	Ingeniería Civil
Aspecto:	Investigación Experimental
Tema:	Ficha comparativa del comportamiento mecánico del mortero reforzado con fibras de aceros en diferentes tipos de mampostería utilizados en edificaciones de estructura metálica sometidos a efectos sísmicos.
Delimitación espacial:	Territorio ecuatoriano
Delimitación temporal:	6 meses

- Estudio comparativo del mortero empleado en obras de construcción, fabricado o elaborado por una mezcla de cemento y arena en una proporción de uno a tres, más la adición de fibras metálicas, el mismo que servirá de pegante y enlucido en diferentes tipos de mampostería.
- Definir el mejor tipo de mampostería que mejor se adapte a las construcciones con piezas estructurales metálicas.
- Explicar de una propuesta para mejorar las cualidades físicas y mecánicas del mortero a base de agua, cemento y arena más la adición de fibras metálicas.
- Análisis de las características y condiciones del mortero según la norma NEC-SE-MP para uso del mortero de pega y de relleno para mampostería.

1.9. Hipótesis.

Es posible mejorar las propiedades físicas y mecánicas del mortero a base de agua, cemento y arena, logrando un comportamiento menos rígido para reducir el efecto de fisuraciones que se presentan en el enlucido, mediante la adición de fibras metálicas en su elaboración y que cumpla con las disposiciones establecidas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

1.9.1. Variable Independiente.

Las fibras de acero en forma de hilachas, aplicadas al mortero de pega y de relleno en diferentes tipos de mampostería para construcción de edificaciones sometidas a efectos sísmicos.

1.9.2. Variable Dependiente.

Fisuras originadas en el estado endurecido del mortero, producidas por cargas que originan esfuerzos como las tensiones por desplazamientos de las estructuras principales de la edificación al ser sometida a movimientos sísmicos.

1.10. Línea de Investigación.

Territorio, materiales, y métodos constructivos innovadores.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco teórico.

(Rivera, 2015) en su libro “Tecnología del concreto y mortero” indica que el concreto con fibras es un hormigón ligero o normal al cual se le han adicionado fibras que pueden ser de: acero, plástico, asbesto, vidrio, nylon, poliéster, polipropileno, polietileno, fique, caña de azúcar, coco, yute, etc. Este concreto con fibras puede ser útil cuando sea necesario absorber una gran energía (por ejemplo, cargas explosivas) o cuando se desea mejorar la resistencia a la tensión; luego es posible mermar el refuerzo por que parte de la tensión lo absorbe la fibra. En el caso de los pavimentos rígidos, se pueden utilizar espesores de losas menores para las mismas cargas e igual periodo de diseño, la separación de juntas puede ser mayor porque las fibras aumentan la resistencia a la flexión del concreto. El hormigón con fibras proporciona también un buen aislamiento acústico y térmico, buena resistencia al impacto y a la erosión. Algunas fibras, en especial las naturales de origen vegetal, requieren de un tratamiento especial para ser usadas y así no perjudicar las propiedades del concreto.

(Sánchez de Guzmán, 2014) en su libro titulado “Tecnología del concreto y del mortero” recalca que el uso que se les da a los morteros pueden tener una función estructural, y pueden usarse entonces en la construcción de elementos estructurales, o en la mampostería estructural en donde puede ser de pega o de relleno en las celdas de los muros.

Existen otros morteros que no tienen función estructural y se destinan a recubrimiento como pañetes, repellos o revoques.

- **Mortero de pega:** debe tener cualidades especiales, diferentes a los morteros usados para otros fines porque está sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, y una resistencia adecuada ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión.

- **Morteros de relleno:** Se utilizan para llenar las celdas de los elementos en la mampostería estructural, y al igual que el mortero de pega debe tener una adecuada resistencia.

- **Morteros de recubrimiento:** Ya que su función no es estructural sino de embellecimiento, o la de proporcionar una superficie uniforme para aplicar la pintura, no

requieren una resistencia determinada; la plasticidad juega en ellos un papel muy importante.

(Polanco & Martínez, 2014) en su libro titulado “Morteros y hormigones” señala que las características exigibles a un mortero son:

- Retener agua para evitar que sea totalmente absorbida por los materiales en su contacto.
- Resistencia para soportar las cargas que han de actuar sobre el muro o paredes.
- Adherencia a las piezas o zonas que solidariza.
- Durabilidad en concordancia con las condiciones las que van a estar expuestos.

(INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA, 2015) en su manual titulado “Diseño de estructuras de mamposterías” aconseja que los morteros y concretos de relleno que se emplea en elementos estructurales de mampostería para rellenar celdas de piezas huecas deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Su resistencia a compresión será por lo menos de 125 kg/cm^2
- b) El tamaño máximo del agregado fino no excederá de 1 cm.
- c) Se empleará la mínima cantidad de agua que permita que la mezcla sea lo suficientemente fluida para rellenar las celdas y cubrir completamente las barras de refuerzo vertical, en el caso de que cuente con refuerzo interior. Se aceptará el uso de aditivos que mejoren la trabajabilidad.

(Carrillo & Alcocer, 2016) en su libro titulado “Muros de concreto reforzado con fibras de acero” indica que El uso de fibras en el concreto para proveer comportamiento adecuado antes y después de agrietamiento ha ganado gran popularidad en las últimas décadas. Desde 1967 varios tipos de fibras han sido utilizadas en el concreto de forma satisfactoria, pues se han mejorado las propiedades físicas y de durabilidad del concreto. Adicionalmente, los resultados de investigaciones experimentales han demostrado la capacidad de las fibras para mejorar las propiedades mecánicas del concreto (ACI-544, 2010).

Las ventajas más significativas de la adición de fibras de acero al concreto son las siguientes:

- a) proveen tenacidad a la flexión (capacidad de absorber energía después del agrietamiento),
- b) aumentan la resistencia a tensión directa, al cortante y a la torsión,
- c) incrementan las propiedades de resistencia al impacto y a la fatiga,

- d) mejoran el comportamiento de contracción y flujo plástico y,
- e) incrementan la durabilidad en ciertas condiciones climáticas (ACI-544, 1996).

En aplicaciones donde la presencia del refuerzo continuo no es esencial para la integridad de la estructura, por ejemplo, en pavimentos, pisos, revestimientos de concreto lanzado, entre otros, los incrementos de resistencia a la flexión asociados a las fibras pueden reducir los espesores y/o proporcionar desempeño estructural (ACI-544, 1996).

A continuación, se describen algunos ejemplos característicos de usos estructurales y no estructurales del CRFA:

- **Pisos industriales:** útil para altas cargas de impacto y para reducción o eliminación de juntas
- **Pavimentos:** particularmente cuando se requieren espesores menores a los normales
- **Capas de compresión:** puede sustituir la malla de alambre soldado en entrepisos de edificios y losas de puentes
- **Concreto lanzado:** en revestimientos temporales y definitivos de túneles y minas para estabilidad de taludes de suelo y roca, así como en cortes y terraplenes carreteros
- **Estructuras prefabricadas:** para controlar agrietamientos en elementos preforzados, así como en muros o paneles autoportantes que no soportan cargas, dovelas de túneles, tubos, etc.
- **Tanques o depósitos de fluidos:** puede eliminar o reducir la utilización de mallas de alambre soldado en fosas sépticas, tanques de aceite, colectores de lluvia, cisternas, etc.
- **Estructuras tipo cascaron:** en domos.
- **Reparaciones estructurales:** rehabilitación sísmica a partir del encamisado de columnas, vigas y muros.

A pesar de las propiedades y ventajas del CRFA, en la actualidad la utilización de CRFA en aplicaciones estructurales tiene un papel secundario, es decir, se usa esencialmente como suplemento para controlar el agrietamiento, aumentar la resistencia al impacto y resistir la desintegración del material. En elementos estructurales solicitados por tensión axial o tensión por flexión, tales como vigas, columnas, losas de entrepiso, entre otros, el acero de refuerzo debe resistir los esfuerzos de tensión. En estos casos, el uso de fibras de acero en combinación con refuerzo convencional ha demostrado buenos resultados.

2.2.Marco conceptual.

2.2.1. Morteros.

Para (Castro, 2016) en su 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” enfatiza que los morteros son mezclas formadas por un material aglomerante (cemento, cal, yeso, etc.), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y algunos casos “aditivos”, la diferencia con el hormigón es que no contiene agregados gruesos.

La característica principal del mortero es endurecerse con el tiempo, formando así una masa común con los materiales que une.

Clases de mortero.

Su utilización depende de sus componentes y de la aplicación, siendo estas:

Mortero Simple.

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

Mortero de Tierra.

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

Mortero de Yeso.

Es usado en diferentes procesos de la construcción y existen diferentes tipos de morteros que depende de la clase de yeso que se aplica. Los que mayor uso tienen, son los morteros de yeso blanco ordinario que se usa para revoque, cielos rasos, etc. La resistencia de estos morteros crece a medida que transcurre el tiempo como los que ocurre con los morteros de cemento, sin embargo, tiene una resistencia inferior al ser comparado con la resistencia de los morteros de cemento.

Mortero Hidráulicos.

Estos 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.

Su principal característica es el de poseer una alta resistencia, la mezcla debe ser aplicada de modo continuo debido al rápido fraguado del cemento. Su uso es aconsejable

cuando se busca trabajabilidad, buena retención de agua y alta resistencia. El tipo de cemento a ser utilizado para la elaboración de este mortero es el cemento portland.

En los morteros de cemento la base fundamental es la arena, tal es el caso que interviene su granulometría, módulo de finura, forma y textura de las partículas, así como el contenido de materia orgánica, estos son los factores que influyen directamente en la calidad del mortero. En la sección 7 de la NEC 2015 nos indica las siguientes dosificaciones para morteros de cemento: **(Ver Tabla 1).**

Componentes del mortero de cemento.

Cemento.

Este material es considerado 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 se direcciona más a la combinación con otros materiales, donde sobresale como material para la fabricación de morteros y hormigones.

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

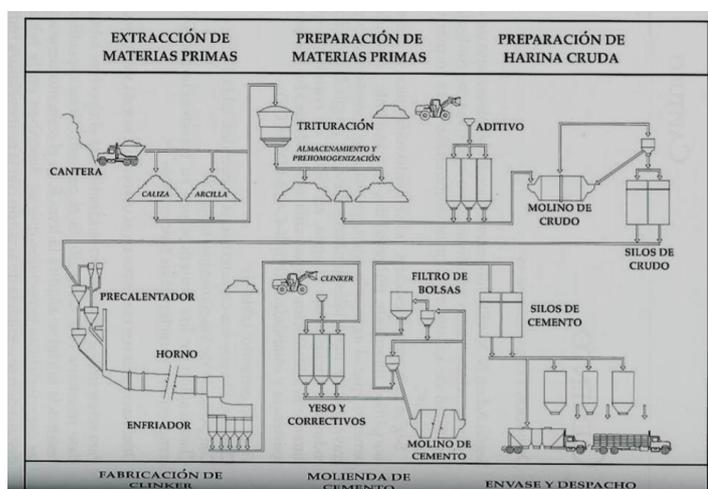


Gráfico 2 Fabricación del Cemento.

Fuente: (Castro, 2016)

El cemento puede clasificarse dependiendo del fraguado, la composición química y la aplicación, siendo estas:

Composición química: - cemento natural, - cemento portland, - cemento escorias, - cemento puzolánicos, - cemento aluminosos sulfatados, etc. (**Ver Tabla 2**).

Relación al tiempo de fraguado: - fraguado rápido y –fraguado lento.

Aplicación: - resistencia inicial, - resistencia a los sulfatos.

Tabla 2
Tipos de Cemento.

Tipo	Denominación	Descripción
CPO	Cemento Portland Ordinario	Cemento producido a base de la molienda del Clinker Portland y usualmente sulfato de calcio. Resulta de la molienda conjunta del Clinker Portland, materiales puzolánico y usualmente, sulfato de calcio.
CPP	Cemento Portland puzolánico	Resulta de la molienda conjunta del Clinker Portland, escoria de alto horno y usualmente, sulfato de calcio.
CPEG	Cemento Portland con escoria granulada de alto horno	Resulta de la molienda conjunta del Clinker Portland, sulfato de calcio y una mezcla de materiales puzolánicos, escoria de alto horno y caliza. En el caso de la caliza, este puede ser el único componente.
CPC	Cemento Portland compuesto	Resulta de la molienda conjunta del Clinker Portland, humo de sílice y usualmente, sulfato de calcio.
CPS	Cemento Portland con humo de sílice	Resulta de la molienda conjunta del Clinker Portland y mayoritariamente escoria granulada de alto horno y sulfato de calcio.
CEG	Cemento con escoria granulada de alto horno	

Fuente: (Castro, 2016)

Cemento Portland.

Este cemento es el que tiene mayor aplicación en las obras de albañilería, 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 misma que presenta las cantidades precisas de arcilla para la fabricación del cemento.

Características Físicas del Cemento.

Densidad Relativa.

La densidad relativa de los cementos portland varía de 2.90 a 3015 gr./cm³.

Finura de Molido.

Es de mucha importancia que el cemento tenga una gran finura ya que los granos de comento 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 fin 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
- 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.

Resistencia mecánicas.

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

Agregados.

Este material se utiliza para la mezcla de morteros siendo esta fina 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 el mortero 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 establece que los límites que debe cumplir la granulometría, que consiste en la distribución de los tamaños de las partículas que conforman la masa del agregado. **(Ver Tabla 3).**

Tabla 3
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

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 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 normas ASTM C33. **(Ver Tabla 4).**

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

Tabla 4
Distribución de 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.

Fuente: (Castro, 2016)

Módulo de finura.

El módulo de finura se obtiene según la norma ASTM C125, sumando los porcentajes acumulados retenidos en los tamices y dividiendo la suma para 100%.

$$Mf = \frac{\sum(\% \text{ retenido acumulado})}{100\%}$$

No.

100 50 30 16 8 4 3/8"

Además, se recomienda que el módulo de finura se encuentre en los rangos establecidos para la norma.

Tabla 5
Tipos de arena según su finura.

VALOR MENOR	VALOR INTERMEDIO	VALOR MAYOR
Indica una arena fina	Indica una arena de finura media	Indica una arena gruesa

Fuente: (Castro, 2016)

Respecto a ciertos valores de Módulo de Finura son:

Tabla 6
Clasificación de la arena en función del módulo de finura.

Arena Gruesa	Arena Fina	Arena Muy Fina
2.5 a 3.5	1.5 a 2.5	0.5 a 1.5

Fuente: (Castro, 2016)

Los valores ordinarios oscilan entre 2.40 y 3.0.

Absorción.

Para (Castro,2016) se conoce como absorción, al incremento en masa del agregado debido a la penetración de agua en los poros de las partículas, durante un periodo de tiempo prescrito, sin incluir el agua adherida en la superficie de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca. Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de poro en el interior de las partículas constituyentes, comparado con la condición seca, cuando se considera que el agregado ha estado contacto con agua por un periodo suficiente para poder satisfacer la absorción potencial.

Densidad Relativa.

La densidad relativa, usualmente conocida como densidad real, es aquella utilizada generalmente para el cálculo de 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.

Características Técnicas del Agua para morteros y hormigones.

(Ingeplan, 2014) Salvo justificación especial demostrativa de que no alteren perjudicialmente las propiedades exigidas a la lechada, morteros u hormigones, se rechazarán las aguas que no cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

Tabla 7
Característica técnica del Agua.

-
- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Acidez medida por el pH, igual o superior a cinco (5). | <ul style="list-style-type: none"> • Sustancias disueltas en cantidad igual o inferior a quince gramos por litro (15 gr/lit), equivalente a quince mil partes por millón (15.000 p.p.m.). |
| <ul style="list-style-type: none"> • Contenido en sulfatos expresados en SO₄ , igual o inferior a un gramo por litro (1 gr/lit), equivalente a mil partes por millón (1.000 p.p.m.). | <ul style="list-style-type: none"> • Ión cloro en proporción igual o inferior a una décima de gramo por litro (0.10 gr/lit), equivalente a cien partes por millón (100p.p.m.) para hormigones pretensados. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ión cloro en proporción igual o inferior a seis gramos por litro (6 gr/lit), equivalentes a seis mil partes por millón (6.000 p.p.m.). para los hormigones en masa y morteros que no vayan a estar en contacto con armaduras o elementos metálicos. | <ul style="list-style-type: none"> • Sustancias orgánicas solubles en éter en cantidad inferior a quince gramos por litro (15 gr/lit), equivalentes a quince mil partes por millón (15.000 p.p.m.). |
| <ul style="list-style-type: none"> • Estar exentas de hidratos de carbono | |
-

Fuente: (Ingeplan, 2014)

Tipos de agua y su utilización.

Agua de Mar.- Contiene treinta mil ppm (30.000 p.p.m.) de sales y puede ser usados en concretos simple. En concreto armado produce corrosión a las armaduras, en este caso puede protegerse con impermeabilizantes. En concretos post-tensados no debe utilizarse agua de mar.

Aguas Ácidas. - La cantidad máxima permisible de ácido es diez mil ppm (10.000 p.p.m.) con un Ph=3.

Aguas Alcalinas. - la cantidad máxima permisible es de diez mil ppm (10.000 p.p.m.)

Tabla 8
Límites mayores del contenido de sustancias – Agua potable.

SUSTANCIA	MILIGRAMOS POR LITRO (MG/LT)
Cloro	60
Ácido sulfúrico	50
Cal	150
Magnesia	50
Materia orgánica	3
Amoníaco libre por destilación	0.02
Ácido nítrico	20

Fuente: (Ingeplan, 2014)

Tabla 9
Límites máximos de sustancias en agua no potable.

SUSTANCIAS	GRAMOS / LITRO
Anhídrido sulfúrico	0.3
Materia orgánica	0.03
Sulfuros expresados en azufres	0.05
Cloruros	10
Ph	$6 < \text{Ph} < 8$

Fuente: (Ingeplan, 2014)

El agua no debe contener sustancias en suspensión o disueltas que alteren el fraguado del cemento. Las aguas muy puras (lluvia) son ácidas si el $\text{pH} < 7$, el agua potable es incolora, inodora, insípida, fresca y no contiene materia orgánica. Los mayores problemas del concreto provenientes del agua están relacionados con la cantidad y no con la calidad.

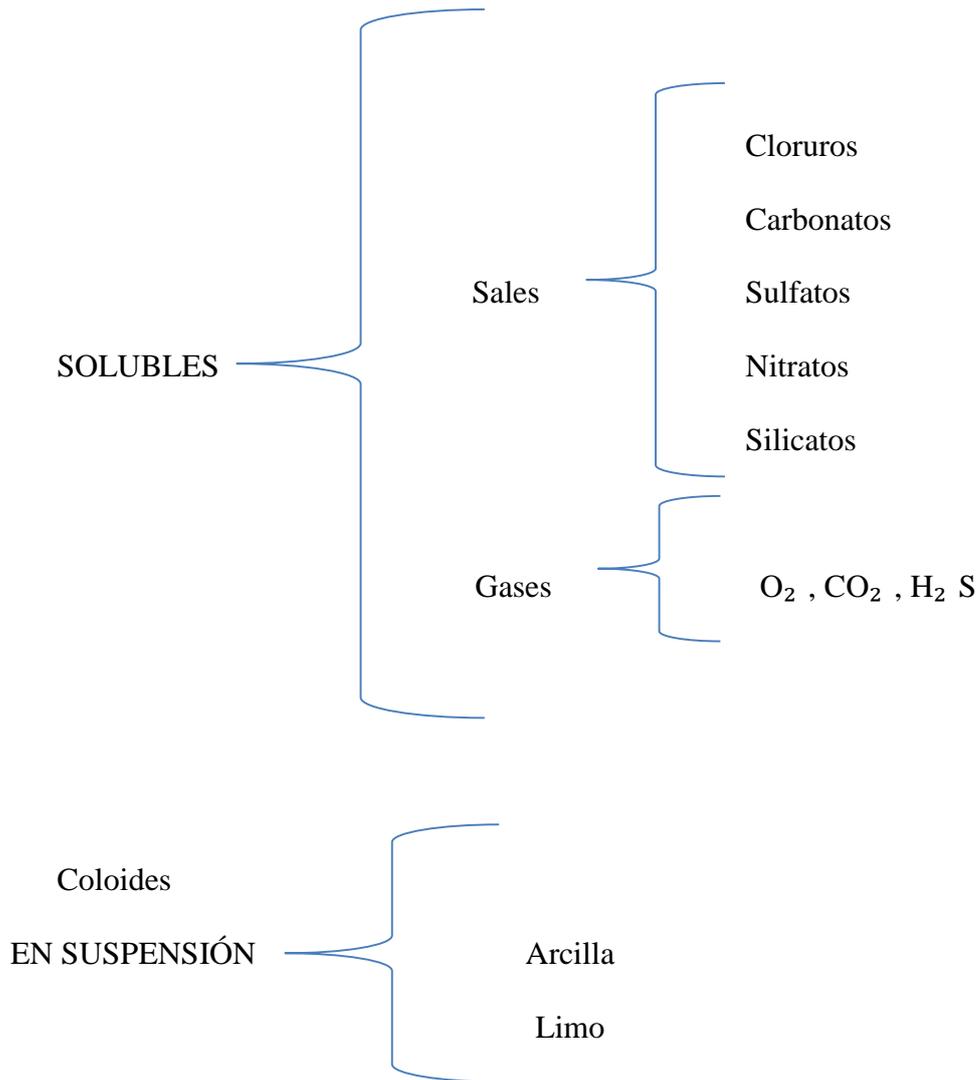


Gráfico 3 Impurezas Inorgánicas

Fuente: (dspace.espol)

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 presente el mortero al aplicarse sobre las superficies a recubrir o sobre las unidades de mamposterías.

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, y 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 principios 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 mamposterías por medio de la resistencia a la tracción. La adherencia está relacionada con la capacidad de retención de agua y la resistencia. Por lo que, en las unidades de mamposterías, 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 es estado endurecido es considerada una de las propiedades más importantes debido a que una baja adherencia puede causar desprendimiento de las piezas de mamposterías o del revestimiento fijado por el mortero.

Resistencia a la compresión.

Cuando el mortero es usado para unir mamposterías actúa como un material resistente, es por esto que la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 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.

2.2.2. Fibra de acero.

(Mármol, 2010) en su trabajo fin de master “Hormigones con fibras de acero características mecánicas” indica que las fibras de acero son elementos de corta longitud y pequeña sección que se adicionan al mortero, con el fin de conferirle ciertas propiedades específicas, con las características necesarias para dispersarse aleatoriamente en una mezcla de mortero en estado fresco. Las fibras suponen una mejora ante determinadas propiedades como el control de la fisuración por retracción, y el incremento en la resistencia al fuego, abrasión e impacto entre otras.

- Las fibras de acero en base al material base usado se puede clasificar en:
- Alambres estirados en frío
- Láminas cortas
- Extractos fundidos
- Conformados en frío
- Aserrados de bloques de acero

Estas fibras pueden ser de acero al carbono (su finalidad de mejorar prestaciones técnicas y mecánicas), o acero inoxidable. También se pueden encontrar fibras con revestimientos de zinc o galvanizados, que resultan menos costosas que las de acero inoxidable y presentan resistencia a la corrosión. Pueden presentarse de formas muy variadas siendo estas: rectas, onduladas, corrugadas, con extremos conformados, dentadas entre otras.

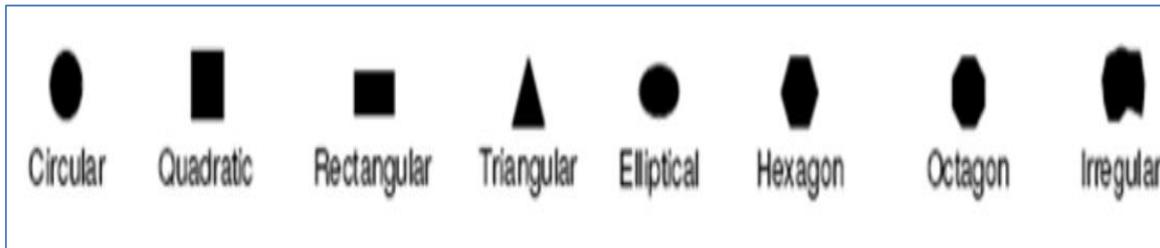


Gráfico 4 Secciones de las Fibras más comunes

Fuente: (Mármol, 2010)

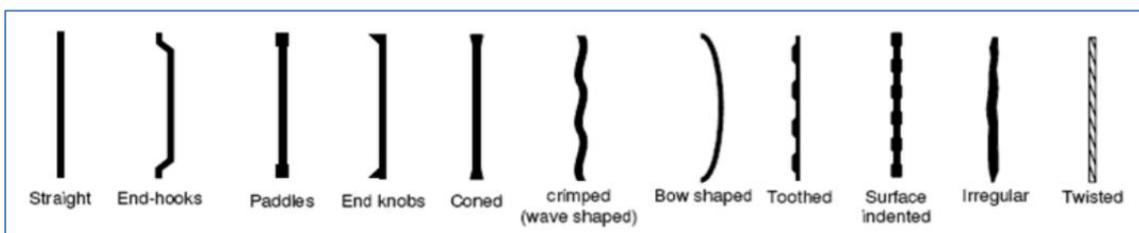


Gráfico 5 Formas Geométricas de las Fibras

Fuente: (Mármol, 2010)

Para (Castro, 2016) en su 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” argumenta que 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, diámetro equivalentes y con forma muy diversas, ya sean lisas, onduladas con extremos cónicos o de gancho, entre otras.

Este material se ha empleado en la fabricación de morteros y hormigones, esto debido a que su módulo de elasticidad es diez veces mayor que el del hormigón principal, se han aplicado con el fin de mejorar la resistencia al impacto y resistencia a la fisuración. Sin embargo, presenta un cuadro de ventajas y desventajas usar las fibras de acero en morteros siendo estas:

Tabla 10
Ventajas y desventajas de las Fibras de Acero.

<u>VENTAJAS</u>	<u>DESVENTAJAS</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Mejoran la resistencia a tracción, flexión y corte. • Presentan buenas características al impacto. • Dan mayor resistencia ante diferentes tipos de cargas 	<ul style="list-style-type: none"> • 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.

Fuente: (Castro, 2016)

Longitudes.

La sección transversal de las fibras depende principalmente del material usado en la fabricación (proceso de fabricación).

El grupo I suele tener diámetros de 0.25 a 1mm, en función de la sección del cable del que son obtenidos (generalmente secciones circulares).

El grupo II (por lo general planas y rectas) tienen secciones transversales con espesores de 0.15 a 0.64 mm y anchos de 0.25 a 2mm.

Independientemente del tipo de fibras, la gran mayoría tienen diámetros entre 0.4 y 0.8 mm y longitudes de 25 a 60 mm,

Su índice de esbeltez por lo general es menor que 100, generalmente entre 40 y 8 mm.

2.2.3. Mampostería.

Para (Arriola, 2009) en su trabajo titulado “Diseño de morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería” recalca que la tecnología moderna de construcción ha producido algunos materiales como tabiques y bloques tanto de adobe como de concreto. Por otro lado, en los tabiques o ladrillos se ha encontrado las materias más adecuado para la construcción, ya que satisface las necesidades de una vivienda, por su tamaño pequeño el cual representa gran adaptabilidad a prácticamente cualquier diseño.

Por su parte (Arias, Mejía, Mora, Rivadeneira, & Santiana, 2012) en su trabajo de graduación titulado “Investigación del comportamiento mecánico y elástico de mamposterías con resistencia estructural para ser utilizada en la construcción de viviendas

de un piso y proyección de dos” nos argumenta que la mampostería es un conjunto de piezas asentadas con mortero.

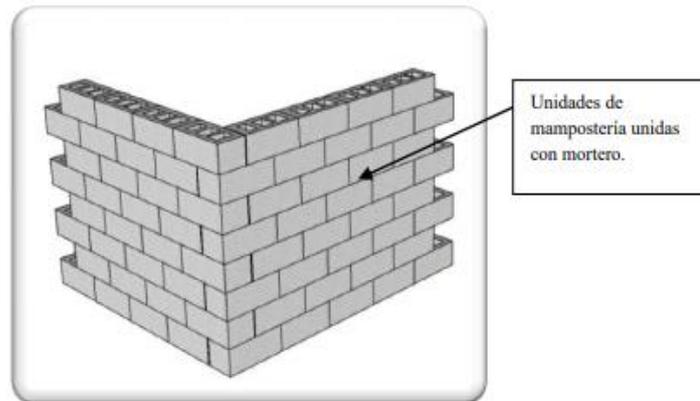


Gráfico 6 Mampostería.

Fuente: (Arias, Mejía, Mora, Rivadeneira, & Santiana, 2012)

Sistema de mampostería.

Mampostería Simple (no reforzada).

Es la estructura conformada por piezas de mampostería unidas por medio de mortero, reforzada de manera principal con elementos de concreto reforzado construidos alrededor del muro o piezas de mampostería especiales donde se vacíe el hormigón de relleno logrando un confinamiento a la mampostería. Cuando se empleen éstas piezas, éstas pueden ser consideradas como parte del recubrimiento de los elementos de concreto reforzado.

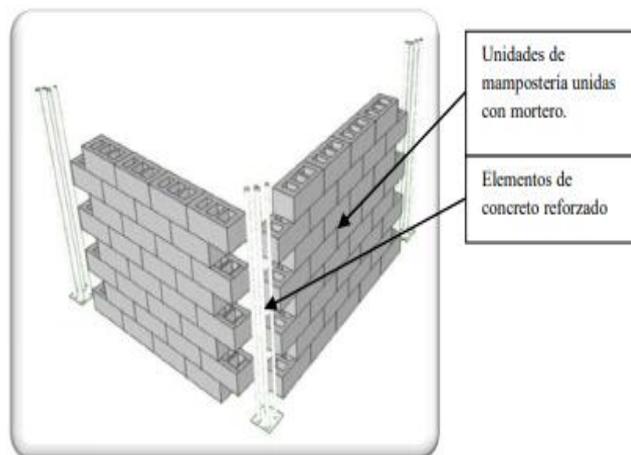


Gráfico 7 Mampostería Simple.

Fuente: (Arias, Mejía, Mora, Rivadeneira, & Santiana, 2012)

Para (Florián, 2009) en su investigación titulado “Recomendaciones para el diseño en mampostería de viviendas mínimas, menores a 50m²” nos menciona que la mampostería simple es un sistema que no utiliza ningún tipo de refuerzo interno o externo de confinamiento en sus unidades de mampostería. Los muros de albañilería sin refuerzo

presentan importantes limitaciones para resistir acciones sísmicas debido a que tienen poca capacidad para trabajar bajo esfuerzos flexionantes, además una vez producido el agrietamiento de sus elementos tienen a comportarse de manera frágil, por lo que el colapso de la construcción podría evidenciarse a la hora de un sismo de magnitud considerable, lo cual es muy peligroso para sus habitantes.

Este tipo de construcciones no se debe utilizar y menos en Ecuador, un país de gran actividad sísmica, más bien todas sus construcciones deben ser estrictamente sismo resistente para evitar desastres de gran magnitud como lo fue el terremoto del 16 de abril del año 2016; la mampostería sin refuerzo incrementa el riesgo de que las edificaciones sean completamente destruidas por su comportamiento frágil ante acciones sísmicas.

Los tipos de falla generalmente se presentan en este sistema de construcción son:

- Agrietamiento vertical en las esquinas, en unión de muros perpendiculares.
- Concentración de grietas en las aberturas.
- Caída del sistema de la cubierta.
- Agrietamiento inclinado, por los esfuerzos de tensión diagonal en las piezas.
- Colapso de muros largos.

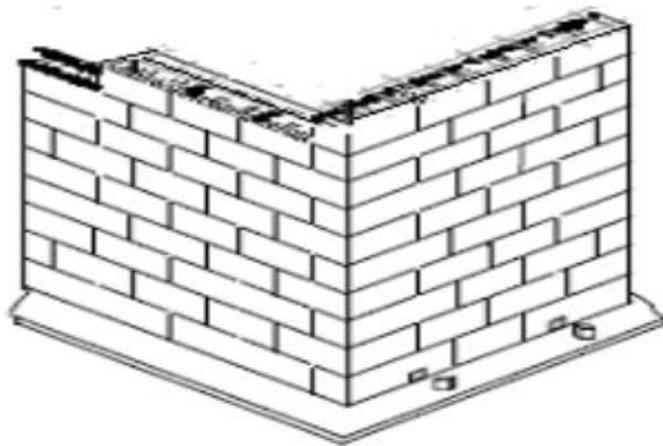


Gráfico 8 Mampostería Simple.
Fuente: (Florián, 2009)

Mampostería Reforzada.

Es la estructura conformada por piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero. El mortero de relleno puede colocarse en todas las celdas verticales o solamente en aquellas donde está ubicado el refuerzo.

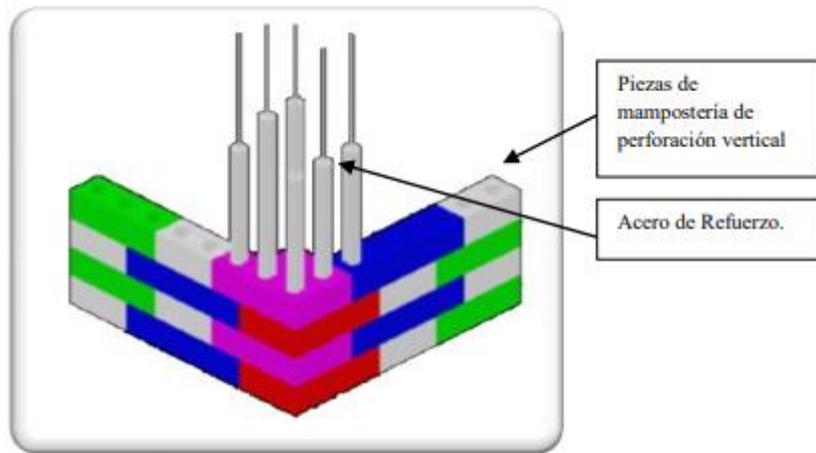


Gráfico 9 Mampostería Reforzada.
Fuente: (Florián, 2009)

El sistema reforzado presenta la ventaja de ahorrar en encofrados, ya que las barras de acero se colocan de forma vertical dentro de las celdas donde son fundidas con mortero y el acero horizontal va en las juntas donde se coloca el mortero de pega.

Para garantizar un comportamiento sísmico resistente, los materiales deben ser capaces de disipar la energía que libera el sismo, la cual es transformada en esfuerzos de corte o flexión que llegan hasta los muros, pero esto se ve afectado por la falta de control de calidad en los materiales y si a esto se le suma la deficiencia en la mano de obra para la colocación del refuerzo y el llenado adecuado de los huecos, el resultado puede ser muy negativo, lo anterior evidencia que la supervisión de la obra debe ser constante, elaborada y detallada por parte del ingeniero o constructor con vasta experiencia.

Al trabajar el sistema de mampostería reforzada interiormente, se hace necesario que la mano de obra sea calificada, ya que las dimensiones con las que se trabajan, son precisas, por lo cual el tamaño de la sisa vertical, debe realizarse con la mayor exactitud posible, con el objeto de que los agujeros donde irá colocado el acero vertical queden libres para fundirlos adecuadamente.

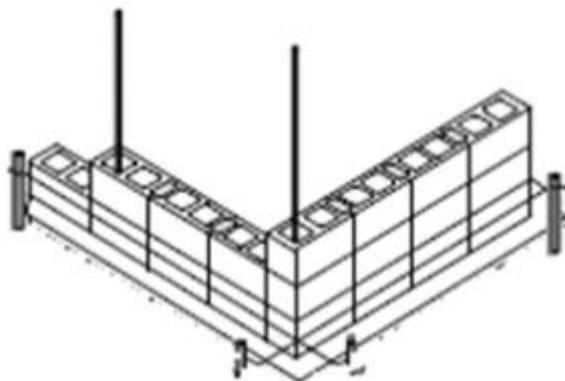


Gráfico 10 Mampostería Reforzada.
Fuente: (Florián, 2009)

Un método de construcción del sistema reforzado, es que se elevan primero las esquinas o cruces del muro unas cuatro a seis hiladas, formando una especie de pirámide en cada esquina o punto intermedio. Para cada altura se debe verificar:

- a) Construcción en forma de pirámide en la esquina del muro
- b) Verificación de la verticalidad y horizontalidad del muro

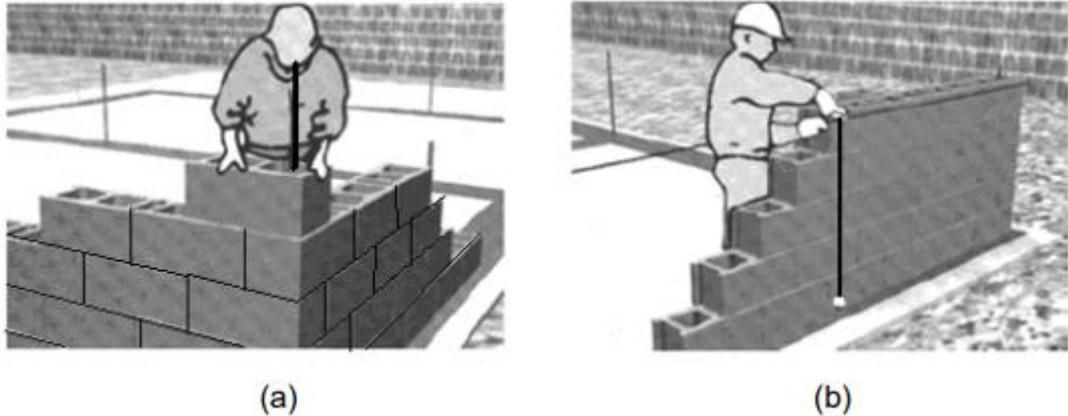


Gráfico 11 Mampostería Reforzada.
Fuente: (Florián, 2009)

Mampostería de Muros Confinados.

Es la estructura conformada por piezas de mampostería unidas por medio de mortero, reforzada de manera principal con elementos de concreto reforzado construidos alrededor del muro o piezas de mamposterías especiales donde se vacíe el hormigón de relleno logrando un confinamiento a la mampostería. Cuando se empleen éstas piezas especiales, éstas pueden ser consideradas como parte del recubrimiento de los elementos de concreto reforzado.

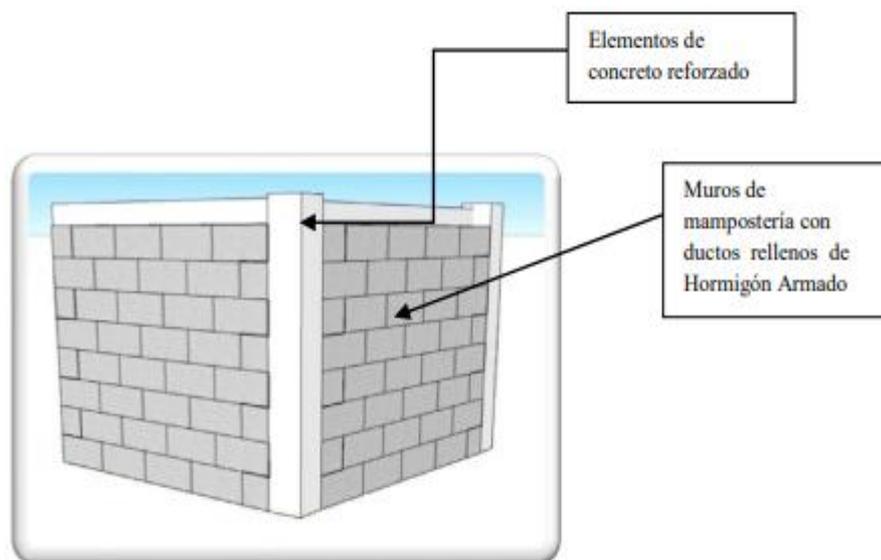


Gráfico 12 Mampostería de Muros Confinados.
Fuente: (Florián, 2009)

La mampostería confinada es la que se realiza a través de la conformación de un muro que luego se confina con vigas y columnas de concreto reforzados vaciados en sitio. El comportamiento de un muro confinado depende de:

- La calidad de albañilería
- Las dimensiones
- La cuantía de refuerzo de los elementos de confinamiento
- El trabajo conjunto que se logre entre la mampostería y los elementos de confinamiento.
- La esbeltez
- La existencia de armadura horizontal en todo el muro

Además de tener especial cuidado de no interrumpir los lazos de confinamiento, es decir vigas y columnas del marco confinante, ya que, con ello, no se lograría el objeto de que trabajen como un solo elemento resistente a momentos flexionantes.

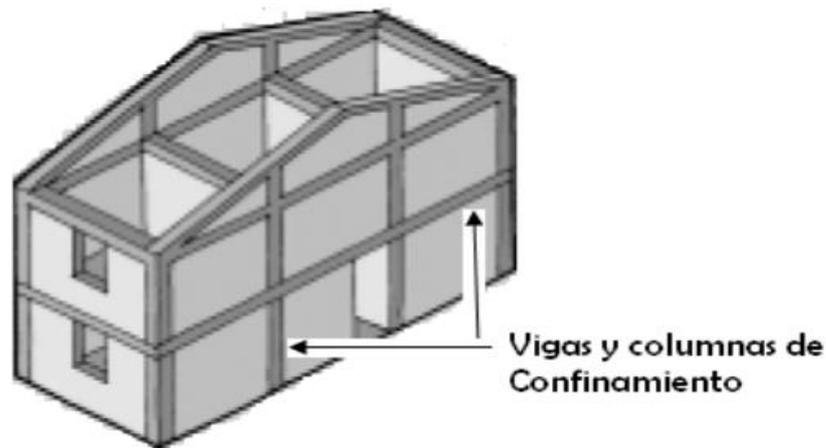


Gráfico 13 Mampostería de Muros Confinados.
Fuente: (Florián, 2009)

Hay varios detalles, los cuales se deben cumplir para lograr un buen confinamiento, entre ellos están:

- Los elementos de confinamiento deben ser continuos, es decir que no deben interrumpirse en todo el perímetro de la construcción.
- Es preferible que los muros a construir, tengan una forma aproximadamente cuadrada, debiéndose colocar columnas intermedias de confinamiento si el muro así lo requiere.

- Se deben utilizar mampostería que garanticen calidad de resistencia a compresión, ya que el trabajo principal de los mismo es soportar estos esfuerzos inducidos en la estructura
- La carga gravitacional que llega hasta la mampostería, siempre y cuando se utilice mampostería perforada, es recomendable que su porcentaje de perforaciones sea menor de un 40%.
- La viga de amarre del cimiento debe ser continua y no debe interrumpirse.

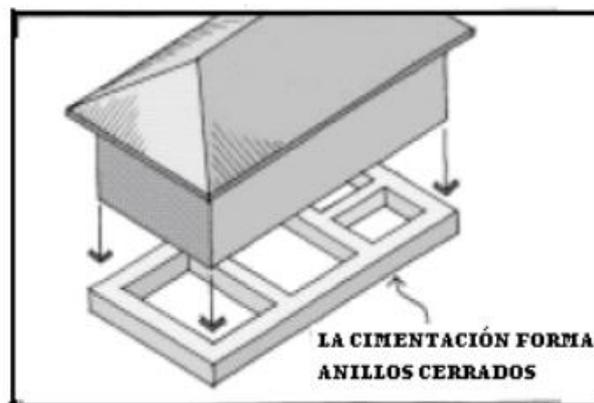


Gráfico 14 Mampostería de Muros Confinados.
Fuente: (Florián, 2009)

Cuando hay grandes demandas de esfuerzos debido a un sismo de magnitud considerable, el comportamiento de la mampostería confinada, antes del agrietamiento diagonal, no depende de las características del marco confinante, sino más bien es después de este agrietamiento, que la posible reserva de carga y ductilidad de la estructura si dependen de él, especialmente la resistencia al cortante de las esquinas.

Si la resistencia al cortante del cortante es baja, la grieta diagonal se prolonga muy rápido sin aumento en la capacidad de carga del muro, mientras que, si la esquina es resistente, si se tiene un incremento considerable en la capacidad de carga del mismo, hasta llegar a la falla por aplastamiento local, evitando así, la falla de tipo frágil. Por lo que el marco confinante le proporciona cierta capacidad de deformación al muro haciéndolo trabajar de manera más dúctil.

El agrietamiento en los muros, puede originarse ya sea por hundimientos diferenciales en el terreno, o bien si la construcción está ubicada en un suelo expansivo, a la hora de que se sature la arcilla, también se puede provocar este tipo de fallas por el

empuje que provoca el suelo en las paredes de la vivienda. Otro factor importante que afecta en el agrietamiento es el uso de materiales de baja calidad, y la ausencia de confinamiento adecuado.



Gráfico 15 Mampostería de Muros Confinados.
Fuente: (Florián, 2009)

Para (Cesín Farah) en su trabajo titulado “Inspección y construcción de muros de mampostería” presentado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., en el séptimo simposio nacional sobre Ingeniería Estructural en la Vivienda nos indica el tipo de piezas existente con sus respectivos materiales y forma en la siguiente tabla:

Tabla 11
Tipos de piezas.

Tipo de pieza	Materiales	Forma
Bloque macizo hueco	Grava – cemento	Rectangular
	Arena – cemento	Rectangular
	Barro extruido	Rectangular
	Arcilla recocido	Rectangular
	Otros	Otras
Tabique macizo (ladrillo) hueco y multiperforado	Silicio calcáreo	Rectangular
	Barro extruido	Rectangular
	Arcilla recocido	Rectangular
	Otros	Otras
Tabicón	Grava – cemento	Rectangular
	Arena – cemento	Rectangular
	Tepojal – cemento	Rectangular
	Otros	Otras

FUENTE: NMX-C-404-1997-ONNCCE

Tabla 12
Resistencia en compresión de piezas.

Tipo de pieza	Resistencia (kg/cm₂)
Bloques	60
Tabique (ladrillo) recocido	60
Tabique (ladrillo) extruido	60 (huevo horizontal) 100 (huevo vertical)
Tabicones	100

Fuente: NORMA NMX-C-404-1997-ONNCCE, NMX-C-036(Método de prueba)

Tabla 13
Peso volumétrico neto mínimo de piezas en estado seco.

Tipo de pieza	Valores en KN/m³ (kg/m³)
Tabique de barro recocido	13 (1300)
Tabique de barro con huecos verticales	17 (1700)
Bloque de concreto	17 (1700)
Tabique de concreto (tabicón)	15 (1500)

Fuente: NMX-C-404-1997-ONNCCE

Tabla 14
Peso volumétrico neto mínimo de piezas en estado seco.

Tipo de pieza	Absorción máxima de agua en % durante 24 horas
Bloques	9 – 20
Tabique (ladrillo) recocido	13 – 21
Tabique (ladrillo) extruido	12 – 19
Tabicones	9 – 20

Fuente: NORMA NMX-C-404-1997-ONNCCE, NMX-C-037(Método de prueba)

Algunos elementos de mamposterías más utilizados tanto por su proceso de fabricación como los de sus propiedades físicas y mecánicas son los siguientes:

Bloque de Hormigón.

Un bloque de hormigón es prácticamente un mampuesto prefabricado, elaborado con hormigones finos o morteros de cemento, utilizados en la construcción de muros y paredes. Por lo general, se emplea como sustituto del ladrillo ya que proporciona un mayor avance en los levantados de muros y obras. Los bloques tienen forma rectangular,

con dimensiones normalizadas y suelen ser esencialmente huecos. Sus dimensiones más habituales es la de 20cm X 19cm X 39cm entre otras.

Posee algunas tipologías muy representativas como, por ejemplo:

De Gafa: son el modelo más conocido, siendo estas posteriormente revestidos con algún tratamiento superficial (normalmente enlucidos en paredes interiores y exteriores).

De Carga: son más macizos, y se emplean cuando el muro tiene funciones estructurales. Entre otros tipos de bloques de hormigón.

Los bloques de hormigón, comúnmente posee dimensiones mayores a la de los ladrillos, siendo estas macizas o huecas, mientras que su fabricación puede ser a mano o a máquina.

Ladrillos.

Un ladrillo es una pieza obtenida por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa, cuyas dimensiones suelen varias y la más conocida es de 14cm X 6cm X 28cm. Posee aislamiento térmico, la conductividad térmica es condicionalmente baja en comparación de otros materiales, siendo esta característica muy importante ya que le ofrece alta inercia térmica, haciendo menos brusco los cambios de temperaturas al interior de las construcciones.

2.2.4. Estructura Metálica.

(Mendoza C. , 2007) en su tesis titulada “Análisis y diseño estructural en acero, de una nave industrial con las especificaciones A.I.S.C. método L.R.F.D. 1993.” nos menciona que el diseño estructural abarca las diversas actividades que desarrolla el proyectista para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura, o sea de aquella parte de una construcción que tiene como función absorber las solicitudes que se presentan durante las distintas etapas de su existencia.

El diseño estructural se encuentra incluido en el proceso más general del proyecto de una obra civil, en el cual se definen las características que debe tener la construcción para cumplir de manera adecuada las funciones que está destinada a desempeñar. Un requisito esencial para que la construcción cumpla sus funciones es que no sufra fallas o más comportamiento debido a su incapacidad para soportar las cargas que sobre ella se imponen. Junto con éste, deben cuidarse otros aspectos, como los relativos al funcionamiento y a la habitabilidad que en general son responsabilidad de otros especialistas.

Evidentemente, dada la multitud de aspectos que deben considerarse, el proceso mediante el cual se crea una construcción moderna puede ser de gran complejidad. El diseño es un proceso creativo mediante el cual se definen las características de un sistema de manera que cumpla en forma óptima con sus objetivos. El objetivo de un sistema estructural es resistir las fuerzas a las que va a estar sometido, sin colapso o mal comportamiento.

Las soluciones estructurales están sujetas a las restricciones que surgen de la interacción con otros aspectos del proyecto y a las limitaciones generales de costo y tiempo de ejecución. Se considera tres aspectos fundamentales para el diseño de una estructura de acero:

Tabla 15
Aspectos Fundamentales para el diseño.

-
- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • ESTRUCTURACIÓN: Se determinan los materiales de los que va a estar constituida la estructura, la forma global de ésta, el arreglo de sus elementos constitutivos y sus dimensiones y características más esenciales, siendo esta la parte fundamental del proceso. | <ul style="list-style-type: none"> • ANÁLISIS: Se incluyen las actividades que llevan a la determinación de la respuesta de la estructura ante las diferentes acciones exteriores que pueden afectarla, es decir los efectos de las cargas que pueden afectar a la estructura durante su vida útil. |
|---|---|
-
- **DIMENSIONAMIENTO:** Se define en detalle la estructura y se revisa si cumple con los requisitos de seguridad adoptados. Estas actividades están con frecuencia muy ligadas a la aplicación de uno o más códigos que rigen el diseño de la estructura en cuestión. Los códigos son peculiares del material y sistema de construcción elegido.

Fuente: Análisis y diseño estructural en acero

Estado límite.

Toda edificación debe contar con un sistema estructural que permita el flujo adecuado de las fuerzas que generan las distintas cargas, pero que dichas fuerzas puedan ser transmitidas de manera continua y eficiente hasta la cimentación. Debe contar además con una cimentación que garantice la correcta transmisión de dichas fuerzas al subsuelo. Toda estructura y cada una de sus partes deben diseñarse para cumplir con los requisitos básicos siguiente:

Tabla 16

Requisitos Básicos para un diseño

I.- Tener seguridad adecuada	II.- No rebasar ningún estado
contra la aparición de estados límite de falla posible ante la combinación de cargas más desfavorables que puedan presentarse durante su vida esperada.	límite de servicio ante combinaciones de cargas que no corresponden a condiciones normales de operación.

Fuente: (Mendoza C. , 2007)

Estado Límite de Falla.

Se considera a cualquier situación que corresponda al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o de cualquier de sus componentes, incluyendo la cimentación, o al hecho de que ocurran daños irreversibles que afecten significativamente su resistencia ante nuevas aplicaciones de carga. Es importante tener conciencia que las estructuras se van agotando, por ejemplo, cada sismo que resiste una estructura le resta 10% de su capacidad de carga, por otro lado, el concreto tiene una duración de entre 50 y 80 años, a partir de entonces su capacidad de resistencia se reduce.

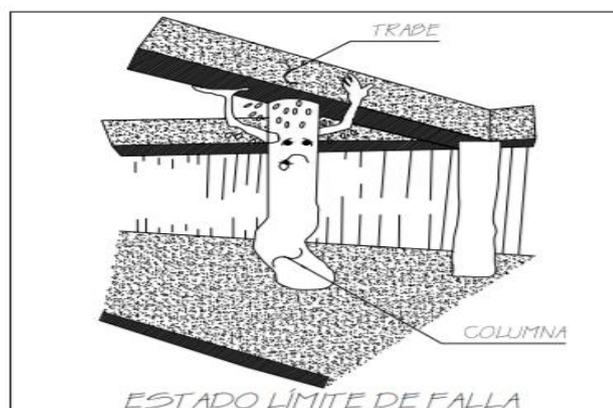


Gráfico 16 Estado Límite de Falla.

Fuente: (Mendoza C. , 2007)

Estado Límite de Servicio.

Se considera a la ocurrencia de desplazamientos, vibraciones o daños que afecten el correcto funcionamiento de la edificación, pero que no perjudiquen su capacidad para soportar cargas.

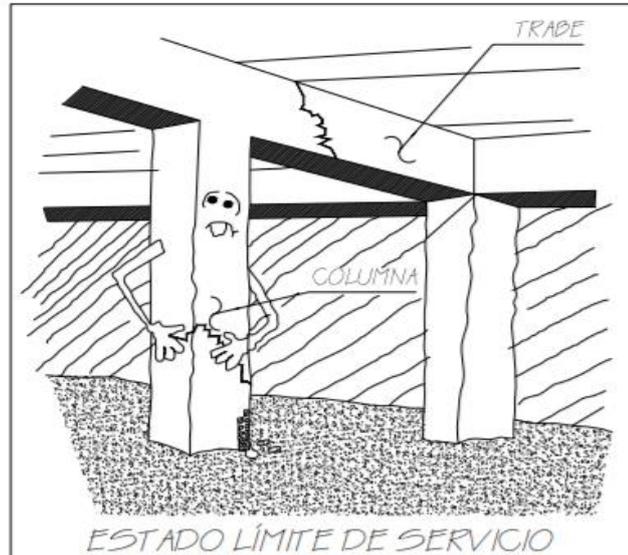


Gráfico 17 Estado Límite de Servicio.
Fuente: (Mendoza C. , 2007)

Acciones de diseño.

Por acciones se entienden lo que generalmente se denominan cargas. Pero esta designación más general incluye a todos los agentes externos que inducen en la estructura fuerzas internas, esfuerzos y deformaciones. Por tanto, además de las cargas propiamente dichas, se incluyen las deformaciones impuestas, como los hundimientos de la cimentación y los cambios volumétricos, así como ambientales de viento, temperatura, corrosión, etc.

En el diseño de toda estructura deben tomarse en cuenta los efectos de las cargas muertas, de las cargas vivas, del sismo y del viento, cuando este último sea significativo. Cuando sean relevantes, deben tomarse en cuenta los efectos producidos por otras acciones, como los empujes de tierras y líquidos, los cambios de temperatura, las contracciones de los materiales, los hundimientos de los apoyos y las demandas originadas por el funcionamiento de maquinaria y equipo que no estén tomadas en cuenta en las cargas.

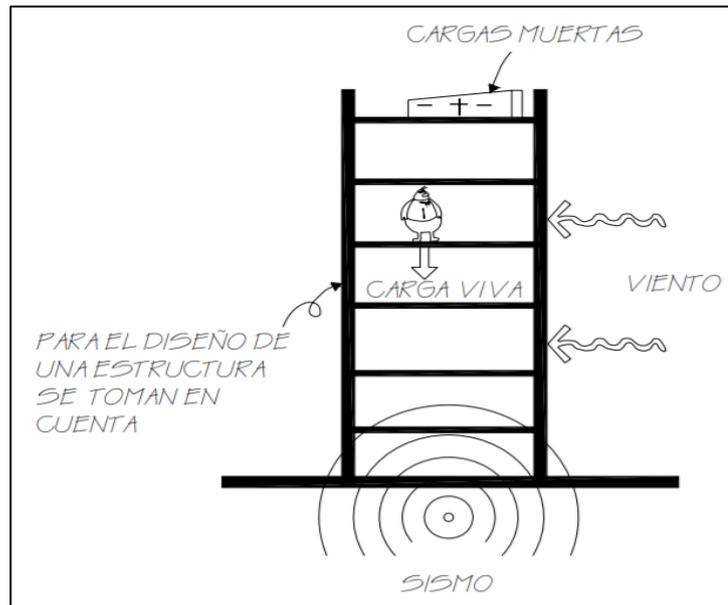


Gráfico 18 Tipos de Cargas.
Fuente: (Mendoza C. , 2007)

Se considerarán tres categorías de acciones, de acuerdo con la duración en que obran sobre las estructuras con su intensidad máxima.

a) Las acciones permanentes. - Son las que obran en forma continua sobre la estructura y cuya intensidad varía poco con el tiempo. Las principales acciones que pertenecen a esta categoría son:

- La carga muerta
- El empuje estático de suelo, líquidos,
- Deformaciones
- Desplazamientos impuestos a la estructura.

b) Las acciones variables. - Son las que obran sobre la estructura con una intensidad que varía significativamente con el tiempo. Las principales acciones que entran en esta categoría son:

- La carga viva
- Los efectos de temperatura
- Las deformaciones impuestas
- Los hundimientos diferenciales
- Las acciones debidas al funcionamiento de maquinaria y equipos.

c) Las acciones accidentales. - Son las que no se deben al funcionamiento normal de la edificación y que pueden alcanzar intensidades significativas solo durante lapsos breves. Pertenecen a esta categoría:

- Las acciones sísmicas.
- Los efectos del viento.
- Las cargas de granizo.

- Los efectos de explosiones.
- Los incendios.

Diseño estructural en acero.

Ventajas y Desventajas del acero como material estructural.

Ventajas

Alta Resistencia.- La alta resistencia del acero por unidad de peso es de gran importancia en puentes de grandes claros, en edificios altos y en estructuras con condiciones deficientes en la cimentación.

Uniformidad.- Las propiedades del acero no cambian apreciablemente en el tiempo como es el caso de las estructuras de concreto reforzado.

Elasticidad. - El acero se acerca más en su comportamiento a las hipótesis de diseño que la mayoría de los materiales, gracias a que sigue la ley de Hooke hasta esfuerzos bastantes altos.

Durabilidad.- Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado durarán indefinidamente.

Ampliaciones de las estructuras

existentes. - Las estructuras de acero se adaptan muy bien a posibles adiciones.

Desventajas

Costo de Mantenimiento. - La mayor parte de los aceros son susceptibles a la corrosión al estar expuesto al aire y al agua y por consiguiente deben pintarse periódicamente.

Costo de la protección contra el fuego.- Aunque algunos miembros estructurales son incombustibles, sus resistencias se reducen considerablemente durante los incendios.

Susceptibilidad al pandeo.- Cuando más largos y esbeltos sean los miembros a compresión, tanto mayor es el peligro de pandeo

Fatiga. - Su resistencia puede reducirse si se somete a un gran número de inversiones del sentido del esfuerzo.

Propiedades diversas. -

- Gran facilidad para unir diversos miembros de varios tipos de conexión sean estos soldaduras, tornillos y remaches.
- Posibilidad de prefabricar los miembros.
- Rapidez de montaje.
- Gran capacidad para laminarse en una gran cantidad de tamaños y formas.
- Resistencia la fatiga.
- Reúso posible después de desmontar una estructura.
- Posibilidad de venderlo como chatarra.

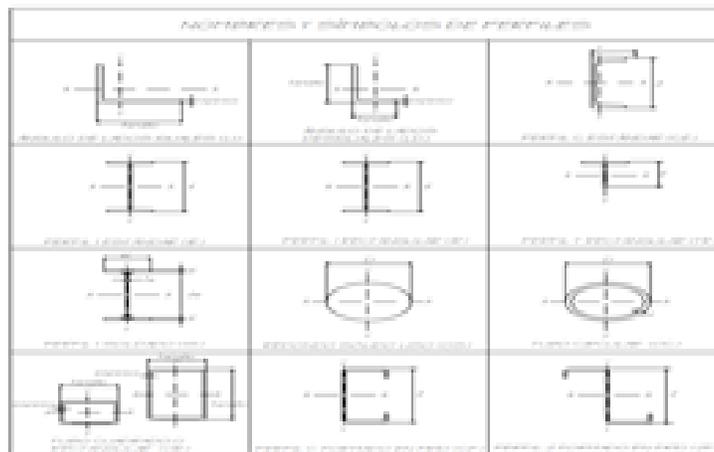


Gráfico 19 Nombres y Símbolos de Perfiles Metálicos
Fuente: (Mendoza C. , 2007)

2.2.5. Fisuras en el concreto reforzado.

Para (Rendón, 2014) las fisuras con filtraciones de agua en estructuras subterráneas como los sótanos de los edificios pueden reducir enormemente la vida útil de la mampostería o estructura debido a la corrosión y daños en el mortero o concreto, además de reducir la funcionalidad y el uso.

Las características de las fisuras dependerán de cómo es cargado el elemento estructural. Por ejemplo: en el caso de una viga apoyada en sus extremos, las fisuras se presentarán en la parte interior que es la zona que está en tensión. **(Ver Gráfico 20-a)**

Si la carga es uniforme en toda la sección, así lo serán las fisuras que aparezcan a lo largo del elemento. (Ver *Gráfico 20-b*)

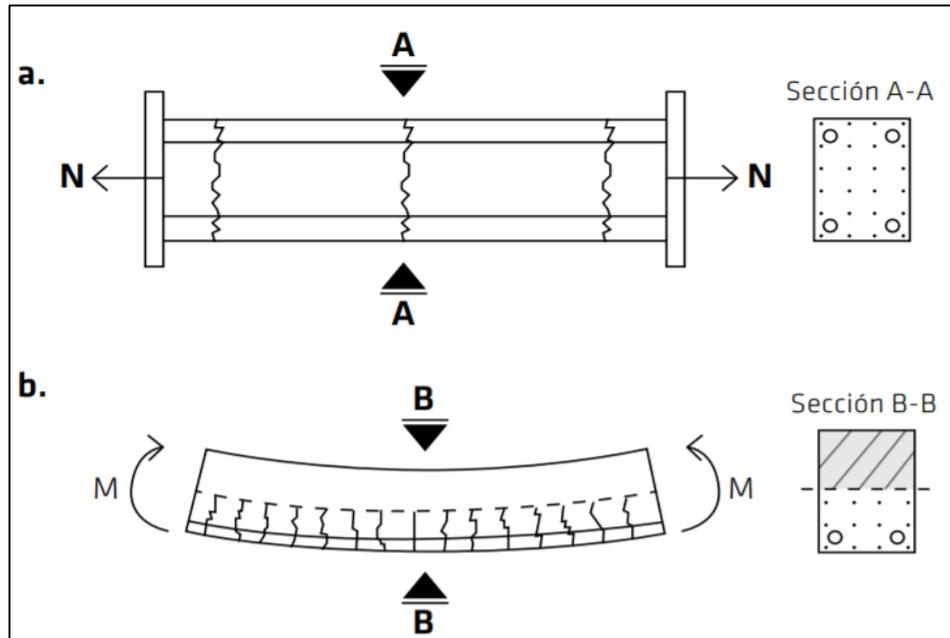


Gráfico 20 Fisuras en el concreto reforzado.

Fuente: (Rendón, 2014)

Causas de las fisuraciones en el concreto.

El concreto reforzado se puede fisurar por varios motivos:

Cuando se trata de una estructura nueva, podríamos mencionar:

- Exceso de agua en la mezcla de concreto.
- Falta de curado del concreto.
- Retiro de la formaleta antes de tiempo.
- Sección insuficiente de los elementos estructurales (vigas, columnas, losas, muros, etc.).
- Acero insuficiente en los elementos estructurales.
- Mala ubicación de los aceros de refuerzo.

Cuando se trata de una estructura existente, la causa más común para que se fisure es un aumento de las cargas de servicios. Estas cargas de servicio corresponden a las cargas verticales (muerta y viva) y a una carga eventual como la impuesta por un

sismo. Es normal que aparezcan fisuras en una estructura de concreto reforzado cuando es sometida a las cargas de servicios:

- Carga muerta (peso propio y cargas permanentes)
- Carga viva (peso de los enseres y las personas)

Siempre y cuando no se superen unos anchos de fisuras estipulados, se aceptan que esta situación es normal.

Tipos de fisuras.

Hay varias formas de clasificar las fisuras:

Según su profundidad pueden ser:

- Superficiales o pasantes.

Según el movimiento pueden ser:

- Activas o inactivas.

Según la condición de humedad pueden ser:

- Secas o húmedas (con agua a presión/sin presión).

Lo primero que uno quiere saber es la extensión y profundidad de la fisura, si es **superficial** y si ha alcanzado al acero de refuerzo o si ha atravesado todo el elemento de concreto. Las fisuras superficiales comprometen la estética de la estructura y la durabilidad si ya alcanzaron a las barras de acero. (**Ver Gráfico 21**)

Las fisuras **pasantes** comprometen la rigidez, la durabilidad y la impermeabilidad, además de la estética. (**Ver Gráfico 22**)



Gráfico 21 Fisura superficial.

Fuente: (Rendón, 2014)



Gráfico 22 Fisura pasante.
Fuente: (Rendón, 2014)

Razones para la reparación de las fisuras.

Durabilidad.

La razón para sellar las fisuras en una estructura de concreto es la durabilidad de la estructura. Por las fisuras pueden ingresar los agresores del medio ambiente hacia los aceros de refuerzo (humedad, dióxido de carbono, materiales disueltos contenidos en los suelos, sales (cloruros) disueltos en el agua de mar, etc.). Las fisuras son como las heridas abiertas por donde entran las enfermedades.

Cuando los agresores del medio ambiente alcanzan las barras de acero de refuerzo empieza un proceso de corrosión. El óxido que aparece en las barras de refuerzo es el producto de la corrosión. Estos productos de la corrosión ejercen una fuerza de tensión en el concreto circundante logrando fracturarlo al cabo de cierto tiempo. Es así como vemos una estructura con el concreto desportillado (fracturado), por donde sale un material café oscuro (el óxido).

Impermeabilidad.

Hay que evitar que el agua entre al interior de la estructura. El agua es uno de los agentes necesarios para que se presente el problema de la corrosión el cual deteriora la estructura. Además, las estructuras de concreto están concebidas para no dejar pasar el agua hacia el interior y deben generar comodidad a sus ocupantes (en el caso de edificios, cas, etc.).

Rigidez.

Cuando una fisura atraviesa un elemento estructural (viga, columna, losa, muros. Etc.) se ve afectada su rigidez. Dependiendo del ancho de la fisura, el elemento vería

comprometida su capacidad de soportar las cargas de servicios, es por ello que es importante inyectar estas fisuras y restituir el monolitismo perdido. (Ver **Gráfico 23**).



Gráfico 23 Reparación de fisuras.
Fuente: (Rendón, 2014)

Condiciones para la Reparación de las fisuras.

Hay 3 factores que nos sirven para elegir el mejor procedimiento para la reparación de las fisuras:

- Ancho de la fisura.
- Movimiento de la fisura.
- Condición de humedad de la fisura.

Ancho de la fisura.

Se pueden inyectar fisuras con un ancho **mínimo de 0.15mm** (ancho de un cabello humano), y con un ancho **máximo de 6mm** aproximadamente.

El ancho de la fisura determina la viscosidad del producto a utilizar, siendo menos viscoso para fisuras pequeñas y más viscosos para las fisuras más anchas.

También determina el producto a utilizar:

Movimiento de la fisura.

Es necesario determinar si la fisura es activa (tiene movimiento) o es inactiva (sin movimiento).

Para las fisuras activas escogemos materiales de inyección que sean flexibles con capacidad de elasticidad limitada y para las fisuras inactivas se pueden escoger resinas rígidas que restituyan la rigidez y el monolitismo de la sección (por ejemplo: resinas epóxicas)

Fisuras con ancho de hasta 6mm pueden inyectarse con resinas de tipo epóxico o acrílico.

Fisuras con ancho superiores a 6mm empiezan a ser importante los materiales cementosos tipo grout.

Condición de humedad en la fisura.

¿Es una fisura seca (¿temporalmente, o, es una fisura con humedad permanente?

¿El agua presente en la fisura tiene presión?

Las respuestas a estas preguntas definen el tipo de producto a utilizar y la metodología de inyección. Por ejemplo:

Para las fisuras con humedad (y con agua a presión incluso), se recomiendan resinas que reaccionan con el agua y se expanden sellando la fisura y la entrada de agua hacia el interior de la estructura. Estas resinas pueden ser de poliuretano expandible o no expandible. También se utilizan resinas acrílicas flexibles y no expandibles en contacto con agua que dan un sello más permanente a la inyección.

Control de fisuras en estructuras de concreto reforzado (ACI 224R-01).

Existe la creencia general en todo el mundo que las estructuras de concreto reforzado no deben fisurarse. Con esa creencia, cuando el concreto se fisura, se afirma que el contratista del concreto causó daño y debe pagar las reparaciones. Sin embargo, las fisuras en el concreto reforzado no son un defecto y son específicamente incluidas como parte del diseño.

Se trata de fisuras producidas por cargas de servicio y no por defectos en el concreto producto de malas prácticas constructivas. El ACI 224R-01 “Control de Fisuras en Estructura de Concreto”, indica los anchos de fisuras razonables, (**ver Tabla 17**) para una estructura de concreto reforzado bajo cargas de servicio para diferentes tipos de exposición. (**ver Gráfico 24**).

La carga de servicio hace referencia a la carga muerta (peso propio + peso de cargas permanentes en la estructura) y a la carga viva (peso de los enseres y las personas).

Tabla 17
Anchos de fisuras.

Condición de Exposición	Ancho de Fisura	
	Pulgadas	Milímetros
Aire seco o membrana protectora	0.016	0.41
Humedad, aire húmedo, suelo	0.012	0.30
Químicos para deshielo	0.007	0.18
Agua de mar, zona de salpique, ciclo húmedo y seco	0.006	0.15
Estructuras de retención de agua*	0.004	0.10

Fuente: ACI 224R-01



Gráfico 24 Exposición de fisuras a medios ambientales.
Fuente: (Rendón, 2014)

Incluso el ACI 224R-01 afirma que debe esperarse que una porción de las fisuras en la estructura exceda estos valores con el tiempo. Estas son guías generales para el diseño que deben usarse conjuntamente con un sano juicio de ingeniería.

En ausencia de requerimientos específicos como los de la tabla 14, un ancho límite de fisura de 0.30mm es satisfactorio respecto a la apariencia y durabilidad de la estructura.

Cuando se superan estos márgenes de ancho de fisura permitidos en la tabla 14 del ACI 224R-01, y cuando hay peligro de que entren los agresores comunes del medio ambiente hacia el interior de la estructura, se debe planear una inyección completa de la estructura.

NOTA:

La tabla 14 del ACI 224R-01 es también aceptada por los europeos, por el CEB y el FIB.

- CEB: Comité Euro-International du Béton
- FBI: Fédération Internationale du Béton

2.3. Marco Legal.

2.3.1. Requisitos y normas que deben cumplir los materiales de construcción.

(MIDUVI, 2014) Los materiales de construcción, serán evaluados y verificados por los organismos competentes, para que cumplan con los requisitos, conforme con el Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN) y la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN) que se encuentren vigentes.

En el caso que el RTE INEN o la NTE INEN no se encuentren actualizados, se remitirán a los requisitos dados en las normas ASTM vigentes.

Tipos de piezas de mampostería.

Se establece la siguiente clasificación:

- Piezas de arcilla.
- Piezas silicio – calcáreas.
- Piezas de hormigón.

2.3.2. Cemento y cal: requisitos de calidad.

Los materiales utilizados para la construcción de estructuras de mampostería estructural distintas a las que se definen en la NEC-HS-VIDRIO, cumplirán los requisitos de calidad que se especifican en esta sección. El cemento utilizado estará en condiciones apropiadas para su uso y será del tipo y clase al indicado en las dosificaciones para la elaboración del concreto y morteros. Se deben satisfacer los requisitos indicados en las siguientes normas:

- Cemento hidráulico: NTE INEN 0152 (ASTM C150), NTE INEN 0490 (ASTM C595) y NTE INEN 2380 (ASTM C1157).
- Cal viva: NTE INEN 0248 (ASTM C5).
- Cal hidratada: NTE INEN 0247 (ASTM C207).

2.3.3. Especificación estándar para mortero de cemento.

(ASTM C1329, 2016) Esta especificación cubre tres tipos de cemento de mortero para uso donde se requiere mortero para mampostería. Los cementos de mortero se clasifican como Tipo N, S o M, de acuerdo con los requisitos físicos prescritos. El cemento de mortero debe cumplir con los requisitos prescritos, tales como finura, expansión de la autoclave, tiempo de fraguado, resistencia a la compresión, resistencia a la adherencia por flexión, contenido de aire del mortero y retención de agua. Las muestras de prueba se someterán a moldeo y almacenamiento antes de llevar a cabo los procedimientos en los métodos de prueba requeridos.

2.3.4. Mortero de Pega.

Los morteros de pega, deben cumplir con la norma NTE INEN 0247 (ASTM C207). Estos morteros 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.

Agregados.

Los agregados para el mortero de pega, deben cumplir con la norma NTE INEN 2536 (ASTM C144) y estar libres de materiales contaminantes que puedan deteriorar las propiedades del mortero.

Agua.

El agua utilizada para el mortero de pega debe estar libre de elementos perjudiciales tales como aceites, ácidos, alcoholes, sales, materias orgánicas u otras sustancias que puedan ser dañinas para el mortero o el refuerzo embebido.

2.3.5. Mortero de Relleno.

Los morteros de relleno deben cumplir con la norma ASTM C476. Estos morteros, tendrán buena consistencia y fluidez suficiente para penetrar en las celdas de inyección sin segregación.

Agregados.

Los agregados para el mortero de relleno, cumplirán con la norma ASTM C404 y estarán libres de materiales contaminantes que puedan deteriorar las propiedades del mortero. El tamaño máximo del árido, no será mayor que 10 mm cuando el hormigón rellene huecos de dimensión no menor que 50 mm o cuando el recubrimiento de las

armaduras esté entre 15 mm y 25 mm. No será mayor que 20 mm cuando el hormigón rellene huecos de dimensión no menor que 100 mm o cuando el recubrimiento de la armadura no sea menor que 25 mm.

Agua y aditivos.

El agua utilizada para la preparación del mortero de relleno, estará libre de elementos perjudiciales, tales como aceites, ácidos, alcoholes, sales, materias orgánicas u otras sustancias que sean dañinas para el mortero o el acero de refuerzo embebido.

2.3.6. Especificación estándar para fibras de acero para hormigón reforzado con fibra.

(ASTM A820, 2016) Esta especificación cubre fibras de acero destinadas para uso en concreto reforzado con fibra. Las fibras deben ser rectas o deformadas y de los Tipos I (alambre estirado en frío), II (hoja cortada), III (extraída por fusión), IV (corte por molino) y V (alambre modificado por estirado en frío). Se deben realizar pruebas de tracción y doblez de fibras acabadas seleccionadas al azar. La medición de las dimensiones debe realizarse y los valores deben ajustarse a las variaciones permisibles de longitud, longitud nominal, diámetro, diámetro equivalente, relación de aspecto y relación de aspecto nominal. También se dan pautas para la inspección, el rechazo, la nueva audiencia, la certificación y el empaque.

Esta especificación cubre los requisitos mínimos para las fibras de acero destinadas al uso en concreto reforzado con fibra. Cinco tipos de fibras de acero para este fin se definen como piezas de alambre estirado en frío o deformado; lámina cortada lisa o deformada; fibras fundidas extraídas; fibras de acero cortadas en frío o molidas en frío que son suficientemente pequeñas para dispersarse al azar en una mezcla de concreto. Esta especificación proporciona la medición de dimensiones, tolerancias de dimensiones específicas y las propiedades físicas mínimas requeridas, y prescribe procedimientos de prueba para establecer el cumplimiento de estos requisitos.

2.3.7. Especificación estándar para hormigón reforzado con fibra.

Esta especificación cubre todas las formas de concreto reforzado con fibra que se entregan a un comprador con los ingredientes uniformemente mezclados. Esta especificación también se puede aplicar al concreto reforzado con fibra para hormigón proyectado por el proceso de mezcla en seco cuando es posible realizar muestreos y pruebas en el punto de colocación. Sin embargo, no cubre la colocación, consolidación,

curado o protección del concreto reforzado con fibra después de la entrega al comprador. Los materiales se clasifican de acuerdo con el tipo de fibra incorporada, que son: Tipo I, hormigón reforzado con fibra de acero que contiene fibras de acero inoxidable, de aleación o de carbono; Tipo II, hormigón reforzado con fibra de vidrio que contiene fibras de vidrio resistentes a los álcalis; Tipo III, concreto reforzado con fibras sintéticas que contiene fibras sintéticas; y Tipo IV, concreto reforzado con fibra natural que contiene fibras de celulosa. Los hormigones reforzados con fibra deberán suministrarse por mezcla de lotes o mezcla continua, y deberán estar libres de bolas de fibra cuando se entreguen al punto designado por el comprador. Las tolerancias, los criterios de aceptación y los requisitos de rendimiento para la viabilidad y el contenido de aire se discuten exhaustivamente.

2.3.7.1. 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

2.3.7.2. Propiedades de las Fibras.

Las fibras suponen una mejora ante determinadas propiedades como el control de la fisuración por retracción, y el incremento en la resistencia al fuego, abrasión e impacto, entre otras. Las especificaciones estándar, clasificación y definiciones relativas a las fibras de acero, se encuentran normalizadas en la ASTM A820/A820M-2011.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología.

Para éste proyecto los autores plantearán tres fases de investigación, las cuales obedecerán a una metodología llevada a cabo para éste tipo de investigaciones. Una fase histórica donde los autores revisarán y analizarán investigaciones pasadas sobre temas similares.

Una fase descriptiva donde analizarán las observaciones realizadas y se definirán las variables que afectan el problema planteado, además se definirá la metodología para el proceso de los resultados obtenidos. Y por último una fase experimental, en la misma que los autores buscarán la obtención de datos cualitativos y compararán los resultados con los exigidos por la normativa de la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Los investigadores después del análisis técnico de los resultados obtenidos, deberán elaborar sus propias conclusiones y recomendaciones. El objetivo de éstas tres fases es obtener un conjunto de resultados cualitativos, que se deberán confrontar entre sí y con los requeridos por la normativa correspondiente, para así dar un diagnóstico técnico y realizar un aporte acerca de las posibles variaciones que los resultados pudieran tener.

3.2. Tipo de Investigación.

Los autores proponen que su presente Investigación será de varios tipos, Descriptiva-Experimental, donde se evaluará los efectos que producirá la adición de fibra metálica (variable independiente) en la mezcla agua, cemento y arena en las propiedades físicas y mecánicas (variables dependientes), utilizados en diferentes tipos de mamposterías, dando como apertura a otro tipo de Investigación, siendo esta la Explicativa.

3.3. Enfoque de la Investigación.

El enfoque que los autores le darán a su proyecto será: exploratorio, descriptivo y cualitativo. Exploratorio, debido a que el tema de investigación propuesto: Ficha comparativa del comportamiento mecánico del mortero reforzado con fibras de aceros en

diferentes tipos de mampostería utilizados en edificaciones de estructura metálica sometidos a efectos sísmicos, no ha sido objeto de un estudio profundo, pero con el soporte de los ensayos que se realizarán se podrá determinar y evaluar la influencia de la fibra de acero adicionada en el mortero de enlucido en diferentes tipos de mampostería.

Descriptivo, puesto que se evaluará la información que se obtendrá acerca del comportamiento del mortero adicionado con fibras de acero, usado en diferentes tipos de mampostería sobre estructura metálica y que dé como resultado un sistema constructivo con mejores características para utilizarse en obras civiles. Cualitativo, refiriéndose a la calidad del mortero elaborado, donde van a ir recabando los datos necesarios para que éstos sean observados, analizados y descritos en una ficha comparativa.

3.4. Técnicas de Investigación.

Los autores para desarrollar su Investigación aplicaran técnicas como el de la observación, donde se reconocerán los efectos que producirá el mortero con fibras de acero en diferentes mamposterías usado en construcciones de elementos estructurales metálicos y que van a ser sometidos a movimientos sísmicos, consecuentemente de que los datos sean observados, estos se plasmarán en una ficha comparativa.

3.5. Población.

La población de estudio que los autores tendrá para su Investigación estará conformada por morteros de una misma resistencia usados en tres diferentes tipos de mampostería, ladrillo de arcilla, bloque de hormigón y de piedra pómez, patrones que serán añadidos con fibra de acero en porcentajes de 0,0 %, 0,2 %, 0,5 % y 1,0 % con relación al peso del cemento y la arena del mortero.

3.6. Muestra.

Los autores para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del mortero, observarán el comportamiento de 12 muestras, 4 diferentes dosis de fibra de acero para cada uno de los tres tipos de mampostería, evaluarán el grado y cantidad de fisuraciones presentadas en cada muestra después de ser sometidas a movimientos de una misma intensidad.

CAPÍTULO IV

INFORME FINAL

4.1. Recolección de datos.

Para la recolección de datos, primeramente, fue necesario conocer el diseño del mortero a utilizarse, por lo que se realizaron ensayos de laboratorio de la arena como agregado fino.

Para la arena se realizó el ensayo de granulometría (NTE INEN 696), con el fin de conocer su módulo de finura y verificar que se encuentre dentro de los límites recomendados, también se realizaron los ensayos de peso volumétrico suelto de la arena (NTE INEN 858), (ASTM C29) y de la densidad relativa o gravedad específica y absorción del agregado fino (NTE INEN 856), (ASTM C128).

Para el porcentaje de fibra a ser adicionada al mortero, se usaron datos de investigaciones experimentales realizadas en laboratorio, donde se estableció el contenido de fibra en un rango de 0,2 % a 1,0 % en relación a la suma del peso del cemento y de la arena.



Gráfico 25 Ensayo de granulometría de la arena.
Tomado por: Lavayen & Tigua (2019)

4.1.1. Metodología.

La investigación se fundamenta en la construcción de doce (12) diferentes tipos de paredes y en la elaboración de dos (2) muestras para cada ensayo a la compresión del mortero, las cuales tienen relación con los diferentes tipos de mampostería y los diferentes porcentajes de adición de la fibra de acero. Para lo cual se realizaron muestras para una

sola dosificación de mortero, tomando como referencia la resistencia mínima a la compresión a los 28 días según lo establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.

Se seleccionaron tres tipos de mampostería, bloques de hormigón, bloques de arcilla y bloques de piedra pómez, sobre las cuales se elaboró un mortero de recubrimiento a base de cemento, arena y agua, añadiendo fibras de acero en un porcentaje de 0%, 0,2%, 0,5% y 1% en relación a la suma del peso del cemento y la arena. Se construyeron paredes de una dimensión de tres (3) metros de longitud por dos (2) de altura, en las mismas que se usaron tubos metálicos cuadrados de 100 mm X 100 mm X 3 mm de espesor como estructura.

Tabla 18
Cuadro Resumen – Metodología.

Resumen - Metodología					
ENSAYO	TIPO DE MAMPOSTERÍA	TIEMPO DE ENSAYO	PORCENTAJE DE FIBRA	NÚMERO DE MUESTRAS	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	BLOQUE DE HORMIGÓN, BLOQUE DE ARCILLA Y BLOQUE DE PIEDRA PÓMEZ	3 DÍAS	0%	2	
			0,2%	2	
			0,5%	2	
			1%	2	
		14 DÍAS	0%	2	
			0,2%	2	
			0,5%	2	
			1%	2	
	28 DÍAS	0%	2		
		0,2%	2		
		0,5%	2		
		1%	2		
	TOTAL :				24

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

Una vez elaborados los diferentes tipos de mortero, se hicieron las muestras, y luego del tiempo de curado, las muestras fueron ensayadas a los 3, 14 y 28 días, para los

resultados finales se presentan cuadros de resistencias obtenidas en laboratorio. En la tabla 18 se indica el número de muestras a ser elaboradas en cada tipo de ensayo.

4.1.2. Ensayos previos.

Primero se realizó el ensayo de granulometría de la arena para sacar su módulo de finura, también se obtuvo el peso volumétrico suelto y el porcentaje de absorción para poder así calcular la dosificación del mortero a utilizar. Más adelante, se presentan los resultados conseguidos en laboratorio de los ensayos del agregado fino, los mismos que fueron realizados en el Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.



Gráfico 26 Granulometría de la arena.
Tomado por: Lavayen & Tigua (2019)

Adicionalmente para ver si la arena no tenía un alto contenido orgánico, se realizó la prueba colorimétrica con hidróxido de sodio al 3% en un volumen ligeramente mayor que el de la arena. Se agito la solución junto con la arena y se dejó reposar por 24 horas, de lo que se obtuvo por encima de la arena fue una solución de color muy claro, lo que determinó que la arena no contenía impurezas orgánicas.

Tabla 19

Granulometría de la arena.

ULVR		UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL. FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION. CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.				FIC ULVR	
FICHA COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL MORTERO REFORZADO CON FIBRAS DE ACEROS EN DIFERENTES TIPOS DE MAMPOSTERÍA UTILIZADOS EN EDIFICACIONES DE ESTRUCTURA METÁLICA SOMETIDOS A EFECTOS SISMICOS.							
ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO							
ORIGEN :				NORMA :			
PESO DE LA MUESTRA (gr.) :				1000		PERDIDA DE MUESTRA (%) : 0%	
ENSAYADO POR :				FREDDY LAVAYEN MENDEZ DANIEL TIGUA YANEZ		FECHA : 10/09/2019	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	RETENIDO EN gr.		% RETENIDO		% QUE PASA	ESPECIFICACION ASTM
		PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO		
3/8"	9,5	0,00	0,00	0,00%	0,00%	100,00%	100
# 4	4,75	8,10	8,10	0,81%	0,81%	99,19%	95-100
# 8	2,38	26,80	34,90	2,68%	3,49%	96,51%	80-100
# 16	1,19	103,90	138,80	10,39%	13,88%	86,12%	50-85
# 30	0,6	302,20	441,00	30,22%	44,10%	55,90%	25-60
# 50	0,3	345,10	786,10	34,51%	78,61%	21,39%	10-30
# 100	0,149	164,70	950,80	16,47%	95,08%	4,92%	2-10
FONDO		49,20	1000,00	4,92%	100,00%	0,00%	0
TOTAL		1000,00					

CURVA GRANULOMETRICA

Abertura (mm)	Granulometría (%)	Límite ASTM Inferior (%)	Límite ASTM Superior (%)
0,1	~5	~2	~10
0,25	~20	~10	~30
0,6	~55	~25	~60
1,19	~85	~50	~85
2,38	~95	~80	~100
4,75	~99	~95	~100
9,5	100	100	100

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)



Gráfico 27 Ensayo de impurezas orgánicas de la arena.
Tomado por: Lavayen & Tigua (2019)

Tabla 20

Peso volumétrico suelto y porcentaje de absorción de la arena

		UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL. FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION. CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.			
FICHA COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL MORTERO REFORZADO CON FIBRAS DE ACEROS EN DIFERENTES TIPOS DE MAMPOSTERÍA UTILIZADOS EN EDIFICACIONES DE ESTRUCTURA METÁLICA SOMETIDOS A EFECTOS SISMICOS.					
ORIGEN :				NORMA :	
PESO DE LA MUESTRA (gr.) :		1000		PERDIDA DE MUESTRA (%) : 0%	
ENSAYADO POR :		FREDDY LAVAYEN MENDEZ DANIEL TIGUA YANEZ		FECHA : 10/09/2019	
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO DEL AGREGADO FINO					
DATO	DETALLE	UNIDAD	VALOR		
PM	PESO DEL MOLDE	kg	2,512		
PT	PESO DEL MOLDE + AGREGADO	kg	5,947		
PA = PT - PM	PESO DEL AGREGADO	kg	3,435		
VM	VOLÚMEN DEL MOLDE	cm ³	0,0028		
PVS = PA / VM	PESO VOLUMÉTRICO SUELTO	kg / cm³	1226,79		
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO					
DATO	DETALLE	UNIDAD	VALOR		
PA	PESO DEL AGREGADO	kg	0,500		
PAS	PESO DEL AGREGADO SECO	kg	0,482		
CA = ((PA-PAS)/(PAS))*100	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	%	3,73		

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

4.1.3. Dosificación del mortero de diseño.

Cuantía de cemento.

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

Módulo de finura del agregado fino (arena) = 2,4

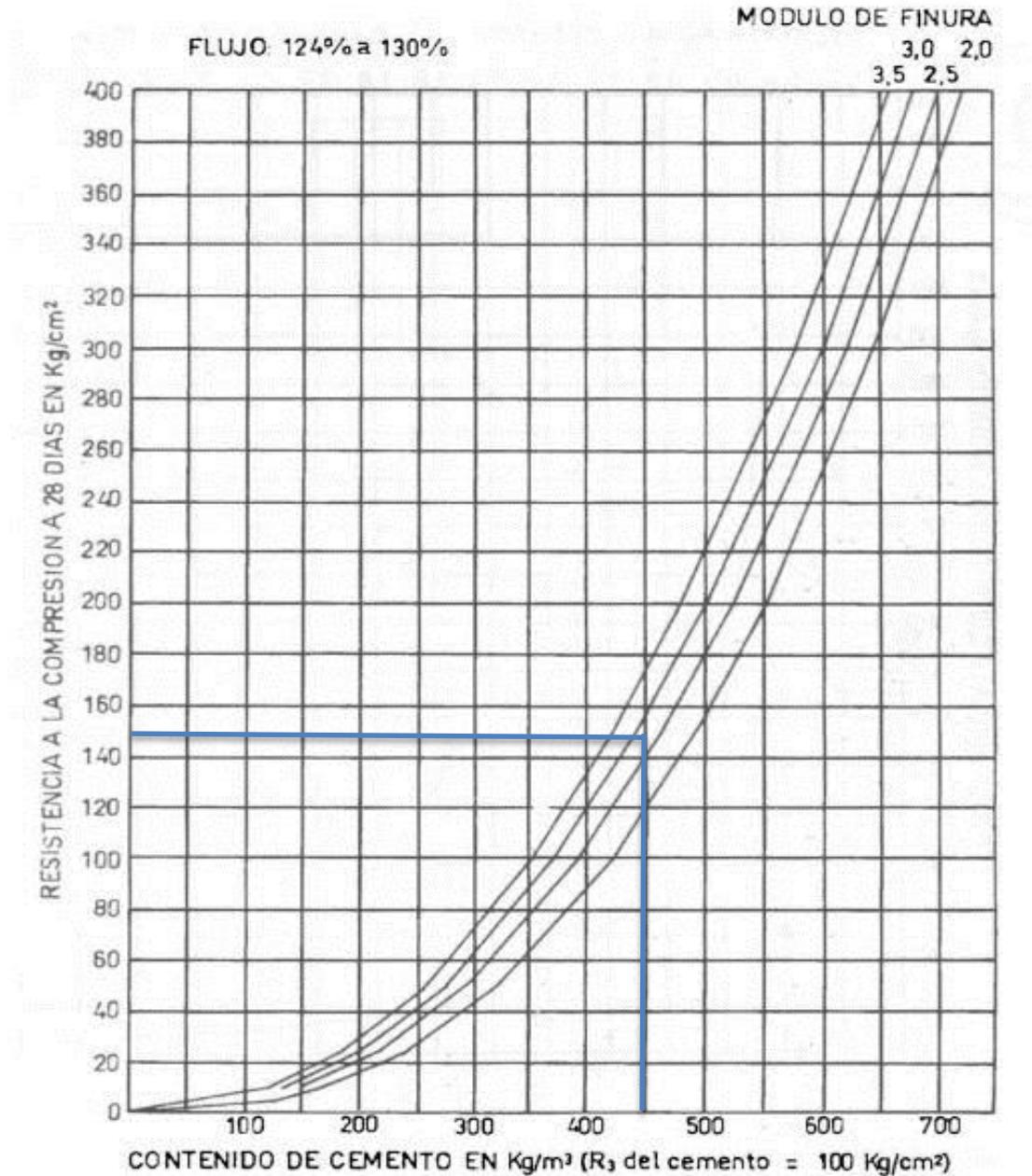


Gráfico 28 Determinación del contenido de cemento.
Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

Cemento = **450** kg por m³ de mortero

Cantidad de agua.

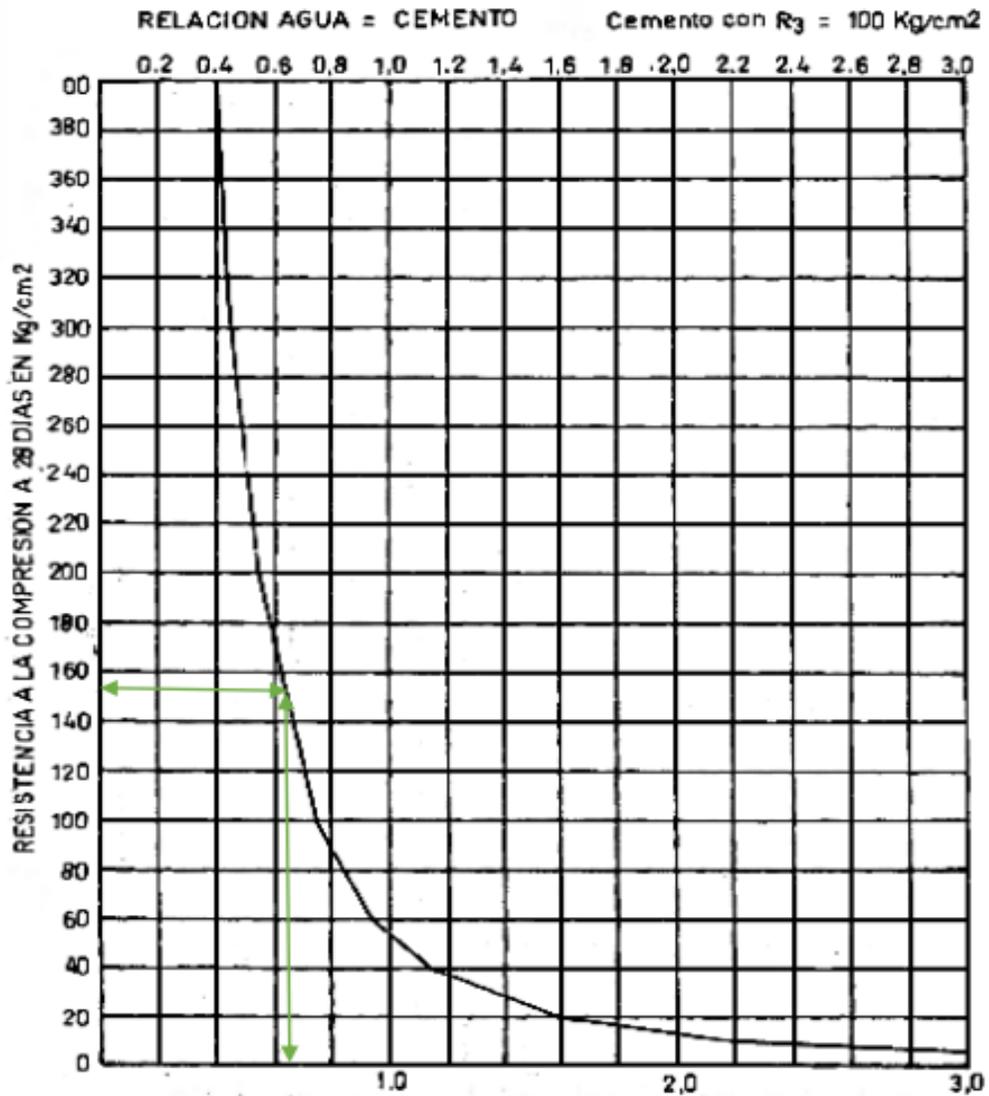


Gráfico 29 Determinación de la relación agua – cemento.
Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

$$A / C = 0,62$$

$$\text{Agua} = 0,62 \times \text{Cantidad de cemento}$$

$$\text{Agua} = 0,62 \times 450 = 279 \text{ litros por m}^3 \text{ de mortero}$$

Contenido de arena.

$$\text{Densidad relativa del cemento} = 3,066 \text{ gr. /cm}^3 = 3.066 \text{ kg. /m}^3$$

Densidad relativa de la arena (peso específico).

$$\text{Agua} = 200 \text{ cc.} = 0,0002 \text{ m}^3$$

Arena = 500 gr. = 0,50 kg

Lectura final = 404 = 0,000404

Densidad relativa de la arena (peso específico) = **2.451** kg. /m³

Peso volumétrico suelto de la arena.

Peso molde = 2.512 gr. = 2,5120 kg

Vo molde = 0,0028 m³

Peso molde + agregado = 5.947,00 gr. = 5,9470 kg

Peso volumétrico suelto de la arena = **1.226,70** kg. /m³

Volumen de cemento = Vc

$$V_c = \frac{\text{Masa del cemento}}{\text{Densidad del cemento}}$$

$$V_c = \frac{450,00 \text{ kg}}{3.066,00 \text{ kg./m}^3}$$

Vc = 0,147 m³

Vagua = 279,00 litros = 0,279 m³

Vaire = 3 % = 0,03 m³

V arena = 1 m³ – Vcemento – Vagua – Vaire

V arena = 1 m³ – (0,147 + 0,279 + 0,03) m³

V arena = 0,544 m³

Masa de arena = V arena X Densidad de la arena

Masa de arena = 0,544 m³ X 2.451 kg. /m³

Masa de arena = 1.333,89 kg por m³ de mortero

Tabla 21

Dosificación para 1 m³ de mortero.

Cantidades para un m³ de mortero			
MATERIAL	CANTIDAD		DOSIFICACIÓN AL PESO
Cemento	450	Kg	1
Arena	1333.89	Kg	2.96
Agua	279	Lt	-

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

4.1.4. Ensayos finales.

Una vez obtenida la dosificación, se elaboraron los morteros con los diferentes porcentajes de fibra de acero. Se realizaron los ensayos a cada uno de los morteros elaborados, obteniendo los siguientes resultados:



Gráfico 30 Elaboración de cilindros de mortero para ensayos de compresión
Tomado por: Lavayen & Tigua (2019)

4.2. Presentación de resultados.

Tabla 22

Resistencia a la compresión de morteros con fibra de acero.

		UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL. FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION. CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.							
FICHA COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL MORTERO REFORZADO CON FIBRAS DE ACEROS EN DIFERENTES TIPOS DE MAMPOSTERÍA UTILIZADOS EN EDIFICACIONES DE ESTRUCTURA METÁLICA SOMETIDOS A EFECTOS SISMICOS.									
ENSAYO A COMPRESIÓN : CILINDROS									
LABORATORIO :		Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.							
ENSAYADO POR :		LAVAYEN MÉNDEZ FREDDY, TIGUA YÁNEZ DANIEL							
CILINDRO No.	% DE FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	PESO (kg)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Ø (kg/cm ²)
1	0,0	16/09/2019	19/09/2019	3	0,363	17,35	1350,00	77,81	77,81
2					0,383	17,35	1350,00	77,81	
3			30/09/2019	14	0,365	17,35	2280,00	131,41	133,43
4					0,360	17,35	2350,00	135,45	
5			14/10/2019	28	0,360	17,35	2850,00	164,27	161,10
6					0,364	17,35	2740,00	157,93	
7	0,0	21/09/2019	24/09/2019	3	0,345	17,35	1340,00	77,23	75,50
8					0,346	17,35	1280,00	73,78	
9			05/10/2019	14	0,346	17,35	2300,00	132,56	134,01
10					0,365	17,35	2350,00	135,45	
11			19/10/2019	28	0,353	17,35	2800,00	161,38	160,23
12					0,347	17,35	2760,00	159,08	
13	0,2	21/09/2019	24/09/2019	3	0,333	17,35	1250,00	72,05	74,06
14					0,336	17,35	1320,00	76,08	
15			05/10/2019	14	0,342	17,35	2240,00	129,11	131,41
16					0,338	17,35	2320,00	133,72	
17			19/10/2019	28	0,337	17,35	2680,00	154,47	156,20
18					0,339	17,35	2740,00	157,93	
19	0,5	21/09/2019	24/09/2019	3	0,363	17,35	1100,00	63,40	63,40
20					0,362	17,35	1100,00	63,40	
21			05/10/2019	14	0,369	17,35	2340,00	134,87	133,14
22					0,374	17,35	2280,00	131,41	
23			19/10/2019	28	0,367	17,35	2520,00	145,24	147,55
24					0,377	17,35	2600,00	149,86	
25	1,0	21/09/2019	24/09/2019	3	0,372	17,35	950,00	54,76	54,47
26					0,361	17,35	940,00	54,18	
27			05/10/2019	14	0,364	17,35	1840,00	106,05	104,32
28					0,371	17,35	1780,00	102,59	
29			19/10/2019	28	0,367	17,35	2250,00	129,68	128,24
30					0,369	17,35	2200,00	126,80	

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

Para una mejor interpretación de los resultados conseguidos en los ensayos de resistencia a la compresión de los morteros adicionados con diferentes porcentajes de fibra de acero, se presentan gráficos de barras:

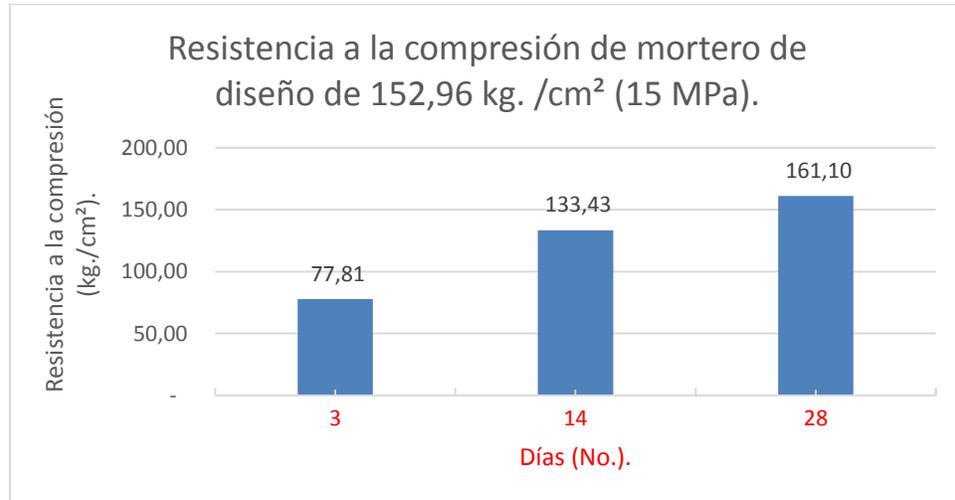


Gráfico 31 Resistencia a la compresión del mortero de diseño.
Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

Podemos observar en el gráfico 31 la resistencia alcanzada a los 28 días del mortero de diseño es de 161,10 kg./cm², por lo que cumple con la NEC 2015 y podemos elaborar nuestras muestras.

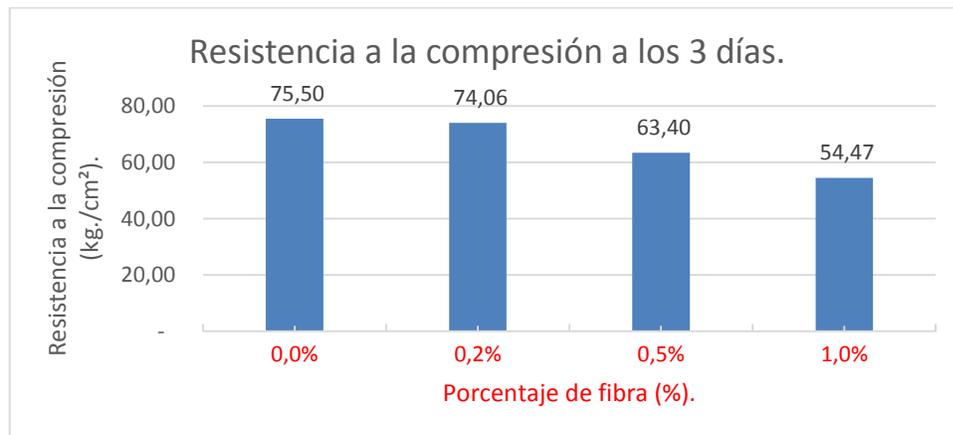


Gráfico 32 Resistencia a la compresión del mortero a los 3 días.
Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En el gráfico 32 se puede apreciar como la resistencia del mortero a los 3 días muestra un decrecimiento con la adición de fibras en una 0,5 % y 1 %.

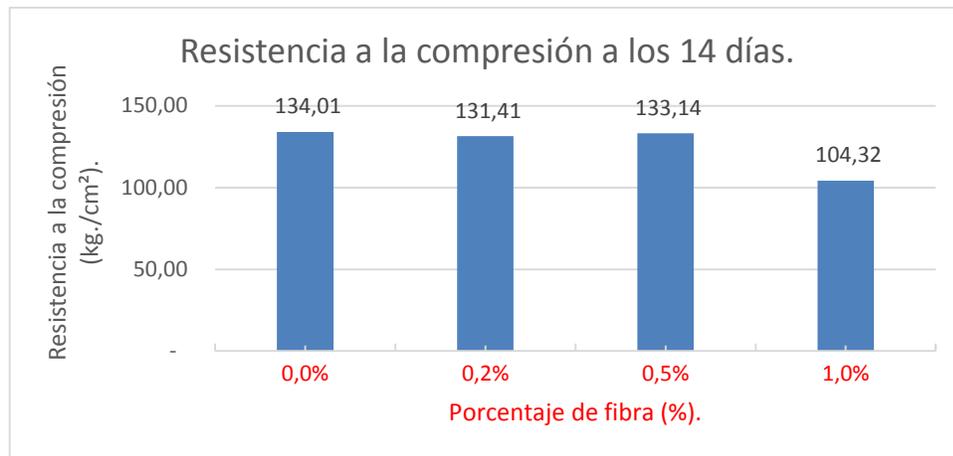


Gráfico 33 Resistencia a la compresión a los 14 días.
Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En el gráfico 33 podemos ver como en la dosificación de 1 % de fibra de acero, la resistencia del mortero a los 14 días muestra un decrecimiento en comparación con los demás porcentajes de fibra, donde con 0 %, 0,2 % y 0,5 % se mantiene.

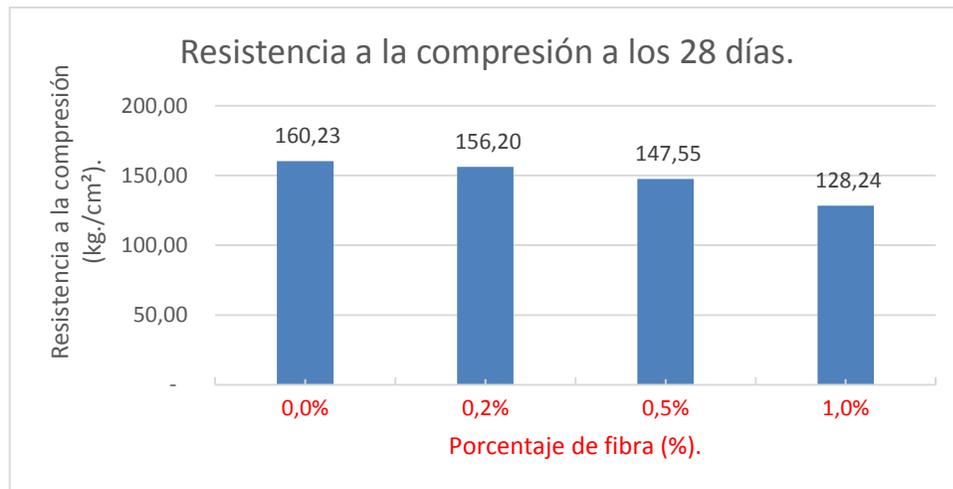


Gráfico 34 Resistencia a la compresión a los 28 días.
Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En el gráfico 34 podemos ver como en la dosificación 1 % de fibra de acero, la resistencia del mortero a los 28 días no alcanzó el valor requerido, se observa también que en la dosificación de 0,5 % de fibra de acero la resistencia está levemente por debajo de lo requerido, pero se considera que cumple con la resistencia, tanto en la dosificación 0 % como en la de 0,2 % de fibra los valores están dentro de lo establecido.

A continuación, se hizo el análisis de las fisuras presentadas en el mortero usado como enlucido en los diferentes tipos de mampostería.

El curado del mortero de los enlucidos en las diferentes paredes se lo realizó durante 10 días, 3 veces al día, en la mañana, en la tarde y en la noche durante en tiempo de 10 minutos para cada mampostería y porcentaje de fibra de acero.

Se hizo una evaluación de las fisuras presentadas por retracción hidráulica durante los primeros 10 días, luego de los cual se consideró al mortero como ya totalmente endurecido.



Gráfico 35 Fisuras presentadas por retracción hidráulica.
Tomado por: Lavayen & Tigua (2019)

Tabla 23

Tabla de fisuras presentadas.

MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE HORMIGÓN	Fisuras por retracción hidráulica hasta máximo 10 días.	Fisuras por movimientos sísmicos.																			
		Fecha: 22-10-2019 Lugar: Balao, Guayas Magnitud : 4,7 Profundidad 27 km				Fecha: 28-10-2019 Lugar: Playas, Guayas Magnitud : 3,8 Profundidad 4 km				Fecha: 2-11-2019 Lugar: Salinas, Santa Elena Magnitud : 4,3 Profundidad 2 km				Fecha: 9-11-2019 Lugar: Huaquillas, El Oro Magnitud : 4,1 Profundidad 5 km							
Ancho de fisura (mm.)		Ancho de fisura (mm.)				Ancho de fisura (mm.)				Ancho de fisura (mm.)				Ancho de fisura (mm.)							
Porcentaje de fibra	0,05 - 0,3	0,4 - 0,8	0,9 - 1,5	1,6 - 2,0	0,05-0,3	0,4-0,8	0,9-1,5	1,6-2,0	0,05-0,3	0,4-0,8	0,9-1,5	1,6-2,0	0,05-0,3	0,4-0,8	0,9-1,5	1,6-2,0	0,05-0,3	0,4-0,8	0,9-1,5	1,6-2,0	
0,0%	3	6	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
0,2%	5	7	0	0	3	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
0,5%	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
1,0%	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE PIEDRA PÓMEZ	Fisuras por retracción hidráulica hasta máximo 10 días.	Fisuras por movimientos sísmicos.																			
		Fecha: 22-10-2019 Lugar: Balao, Guayas Magnitud : 4,7 Profundidad 27 km				Fecha: 28-10-2019 Lugar: Playas, Guayas Magnitud : 3,8 Profundidad 4 km				Fecha: 2-11-2019 Lugar: Salinas, Santa Elena Magnitud : 4,3 Profundidad 2 km				Fecha: 9-11-2019 Lugar: Huaquillas, El Oro Magnitud : 4,1 Profundidad 5 km							
Ancho de fisura (mm.)		Ancho de fisura (mm.)				Ancho de fisura (mm.)				Ancho de fisura (mm.)				Ancho de fisura (mm.)							
Porcentaje de fibra	0,05 - 0,3	0,4 - 0,8	0,9 - 1,5	1,6 - 2,0	0,05-0,3	0,4-0,8	0,9-1,5	1,6-2,0	0,05-0,3	0,4-0,8	0,9-1,5	1,6-2,0	0,05-0,3	0,4-0,8	0,9-1,5	1,6-2,0	0,05-0,3	0,4-0,8	0,9-1,5	1,6-2,0	
0,0%	2	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,2%	3	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
0,5%	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1,0%	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE ARCILLA	Fisuras por retracción hidráulica hasta máximo 10 días.	Fisuras por movimientos sísmicos.																			
		Fecha: 22-10-2019 Lugar: Balao, Guayas Magnitud : 4,7 Profundidad 27 km				Fecha: 28-10-2019 Lugar: Playas, Guayas Magnitud : 3,8 Profundidad 4 km				Fecha: 2-11-2019 Lugar: Salinas, Santa Elena Magnitud : 4,3 Profundidad 2 km				Fecha: 9-11-2019 Lugar: Huaquillas, El Oro Magnitud : 4,1 Profundidad 5 km							
Ancho de fisura (mm.)		Ancho de fisura (mm.)				Ancho de fisura (mm.)				Ancho de fisura (mm.)				Ancho de fisura (mm.)							
Porcentaje de fibra	0,05 - 0,3	0,4 - 0,8	0,9 - 1,5	1,6 - 2,0	0,05-0,3	0,4-0,8	0,9-1,5	1,6-2,0	0,05-0,3	0,4-0,8	0,9-1,5	1,6-2,0	0,05-0,3	0,4-0,8	0,9-1,5	1,6-2,0	0,05-0,3	0,4-0,8	0,9-1,5	1,6-2,0	
0,0%	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,2%	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,5%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

Tabla 24

Tabla de fisuras presentadas en mampostería de bloques de hormigón.

MAMPOSTERÍA			
DE BLOQUE DE HORMIGÓN	Fisuras por retracción hasta máximo 10 días.	Fisuras por movimientos sísmicos.	Total de fisuras presentadas.
Porcentaje de fibra			
0.0%	9	5	14
0.2%	12	6	18
0.5%	0	3	3
1.0%	4	2	6

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En la tabla 24 se presenta la cantidad de fisuras que se originaron en la mampostería de Bloque de Hormigón.

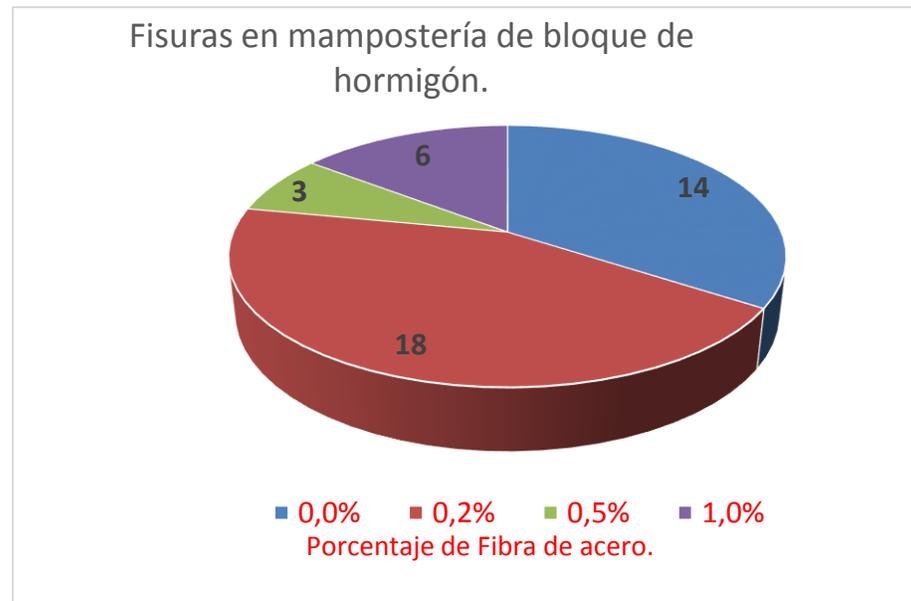


Gráfico 36 Fisuras presentadas en mampostería de bloques de hormigón.

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En el gráfico 36 demostramos una resultante de 18 fisuras que se presentaron en la muestra del mortero con fibra de acero del 0.2 %, sin embargo, en la muestra del mortero simple se nos presentó una cantidad inferior de fisuras (14).

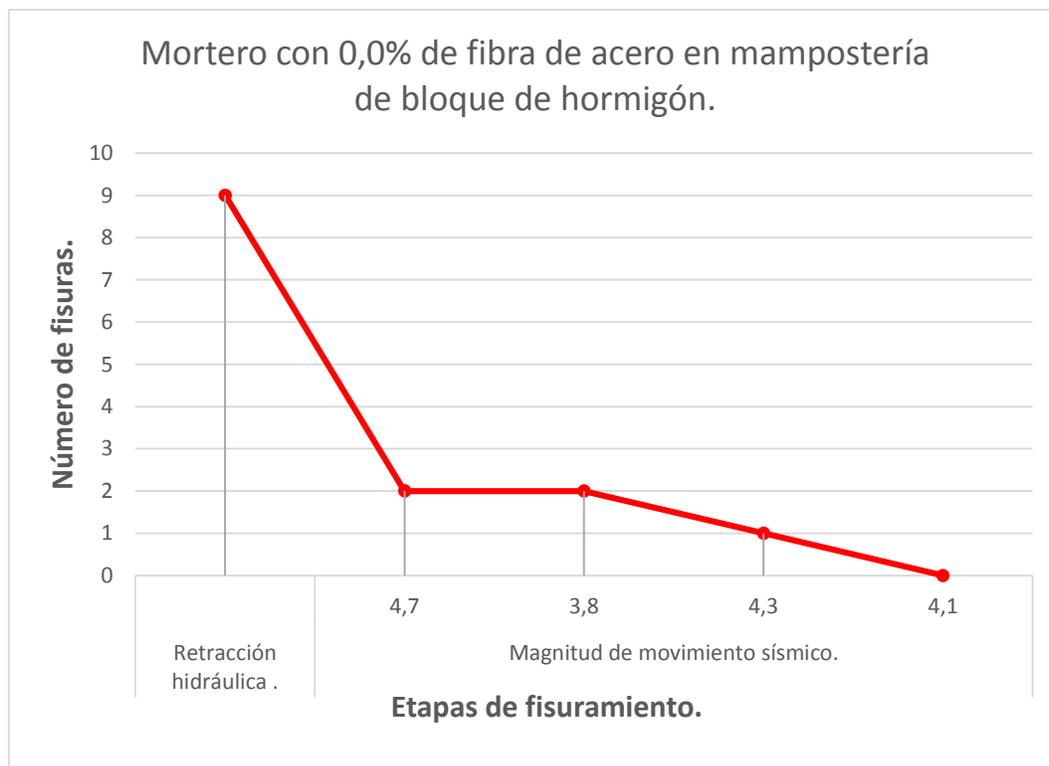


Gráfico 37 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,0 % de fibras de acero en mampostería de bloques de hormigón.

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

El gráfico 37 nos indica que la cantidad de fisuras presentadas (9), fueron producto de la retracción hidráulica que se evidenció por un periodo determinado de las cuales 3 fisuras poseen un ancho entre 0.05-0.3 mm mientras las otras 6 fisuras oscilan entre 0.4-0.8mm, no obstante, se volvieron a presentar nuevas fisuras en la muestra, pero esto debido a los pequeños efectos sísmicos que se produjeron a lo largo del tiempo que duró nuestra investigación. Aquellas 5 fisuras poseen un ancho entre 0.05-0.3 mm.

En la gráfica 38 la cantidad de fisuras presentadas por retracción hidráulica fueron de 12; 5 de ellas poseen un ancho entre 0.05-0.3mm y los 7 restantes un ancho entre 0.4-0.8mm, por lo concerniente el resto de fisuras fueron equivalente a los movimientos sísmicos. El sismo de magnitud 4.7 originó en la muestra 4 fisuras leves, 3 que poseen un ancho entre 0.05-0.3 mm y 1 con un ancho entre 0.4-0.8mm, y el de magnitud 3.8 y 4.3 originaron 1 fisura por cada una de ellas con un ancho entre 0.05-0.3mm.

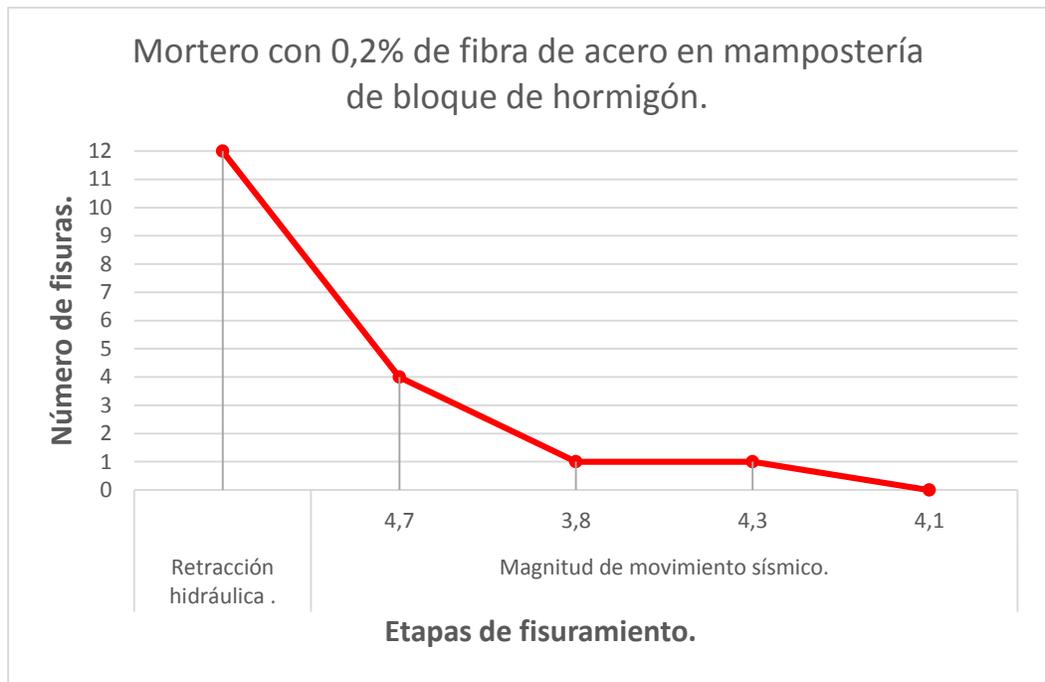


Gráfico 38 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,2 % de fibras de acero en mampostería de bloques de hormigón.
Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

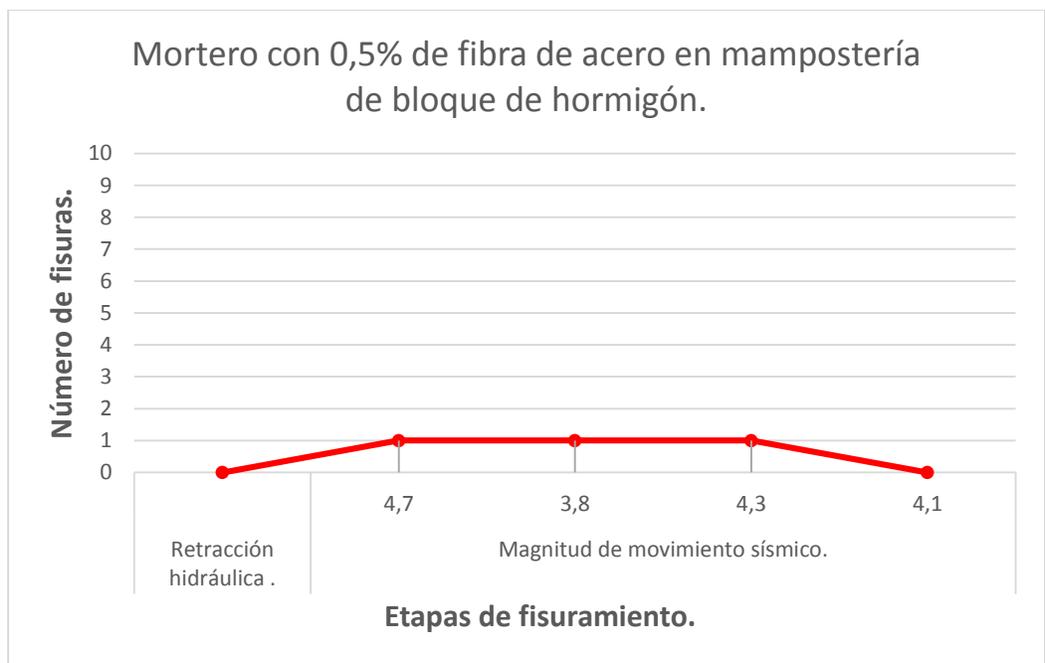


Gráfico 39 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,5 % de fibras de acero en mampostería de bloques de hormigón.
Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En el gráfico 39 no se presentaron fisuras por medio de la retracción hidráulica, aunque los sismos de magnitud 4.7, 3.8 y 4.3 crearon en total 3 pequeñas fisuras, pero no son tan visibles siendo estas de ancho 0.05-0.3 mm.

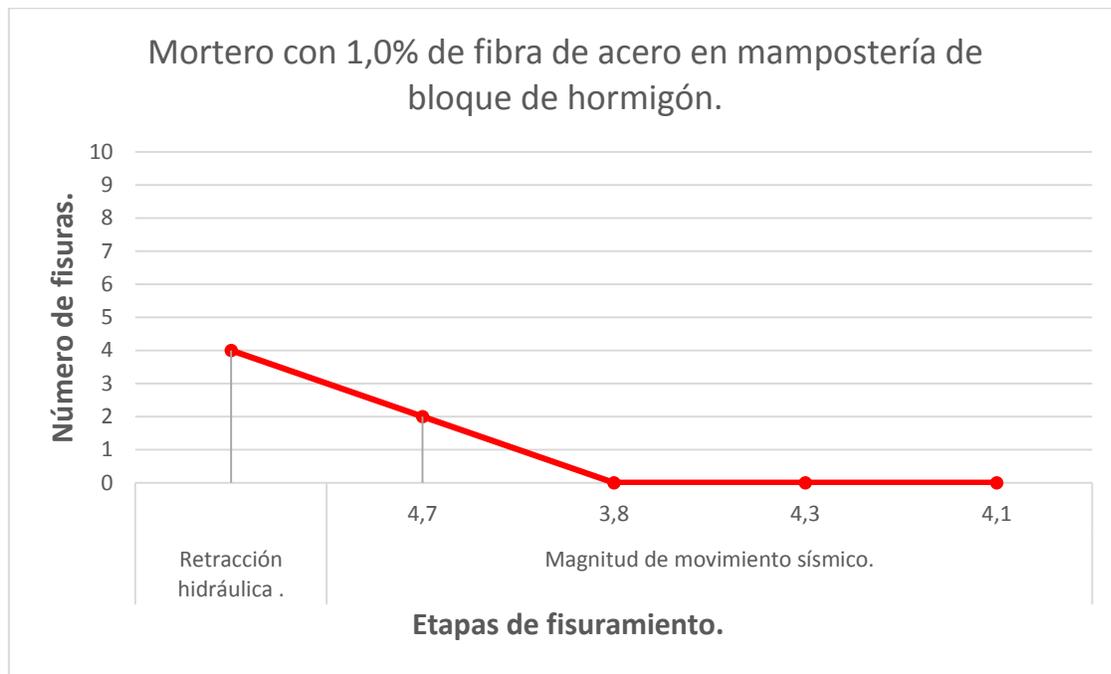


Gráfico 40 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 1,0 % de fibras de acero en mampostería de bloques de hormigón.

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En el gráfico 40 por medio de la retracción hidráulica se presentaron apenas 4 fisuras en la muestra, siendo 3 con un ancho de 0.05-0.3mm y 1 entre 0.4-0.8mm, después se presentaron 2 fisuras más de 0.05-0.3mm, pero esto debido al sismo de magnitud 4.7.

Tabla 25

Tabla de fisuras presentadas en mampostería de bloques de piedra pómez.

MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE PIEDRA PÓMEZ	Fisuras por retracción hasta máximo 10 días.	Fisuras por movimientos sísmicos.	Total de fisuras presentadas.
Porcentaje de fibra			
0.0%	5	1	6
0.2%	4	4	8
0.5%	2	0	2
1.0%	1	0	1

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En la tabla 25 presentamos el total de fisuras encontradas en la muestra de la pared de mampostería tipo Bloque de Piedra Pómez durante la etapa que duró el proceso investigativo.

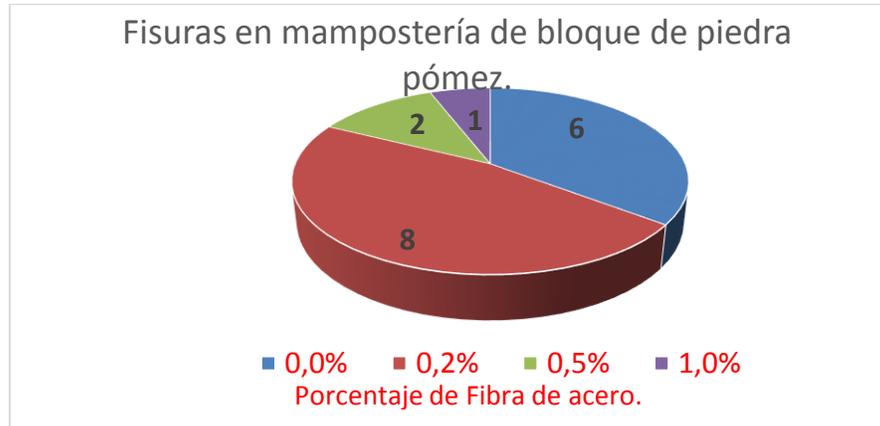


Gráfico 41 Fisuras presentadas en mampostería de bloques de piedra pómez.
Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En el gráfico 41 demostramos que la cantidad mayor de fisuras presentadas se evidenció en la muestra del mortero con fibra de acero del 0.2 %, siendo la siguiente con inferior números de fisuras en la del mortero simple.

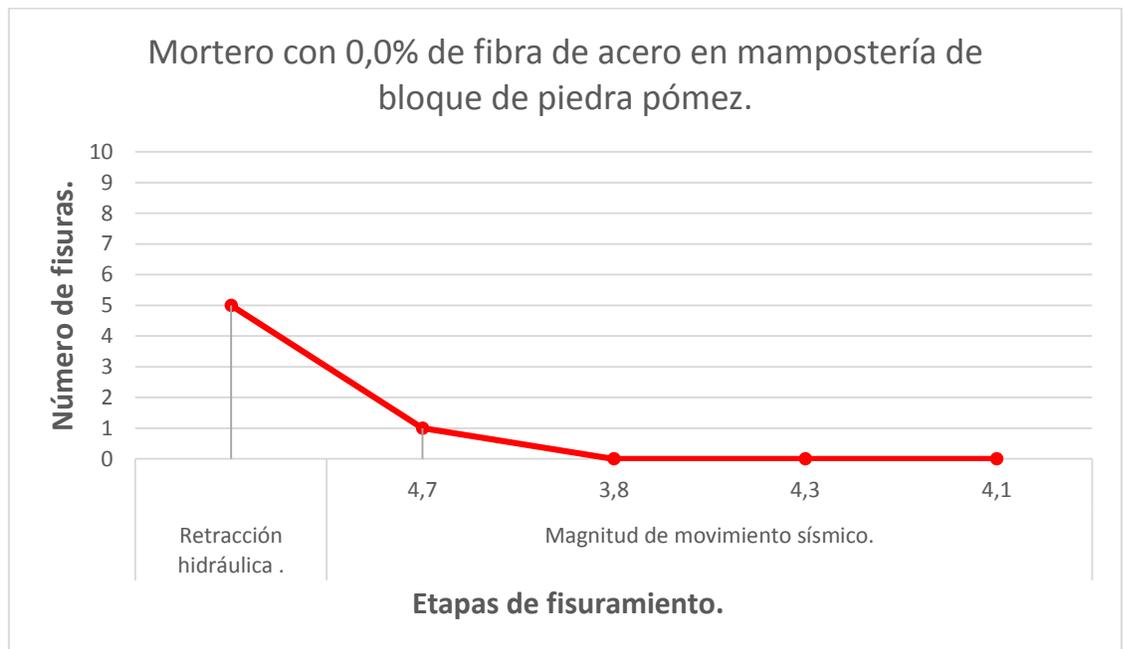


Gráfico 42 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,0 % de fibras de acero en mampostería de bloques de piedra pómez.
Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En el gráfico 42 se produjeron 5 fisuras por medio de la retracción hidráulica siendo 2 con un ancho de 0.05-0.3mm y 3 entre 0.04-0.8mm, mientras que 1 fisura por medio del sismo de magnitud 4.7, con un ancho entre 0.05-0.3 mm.

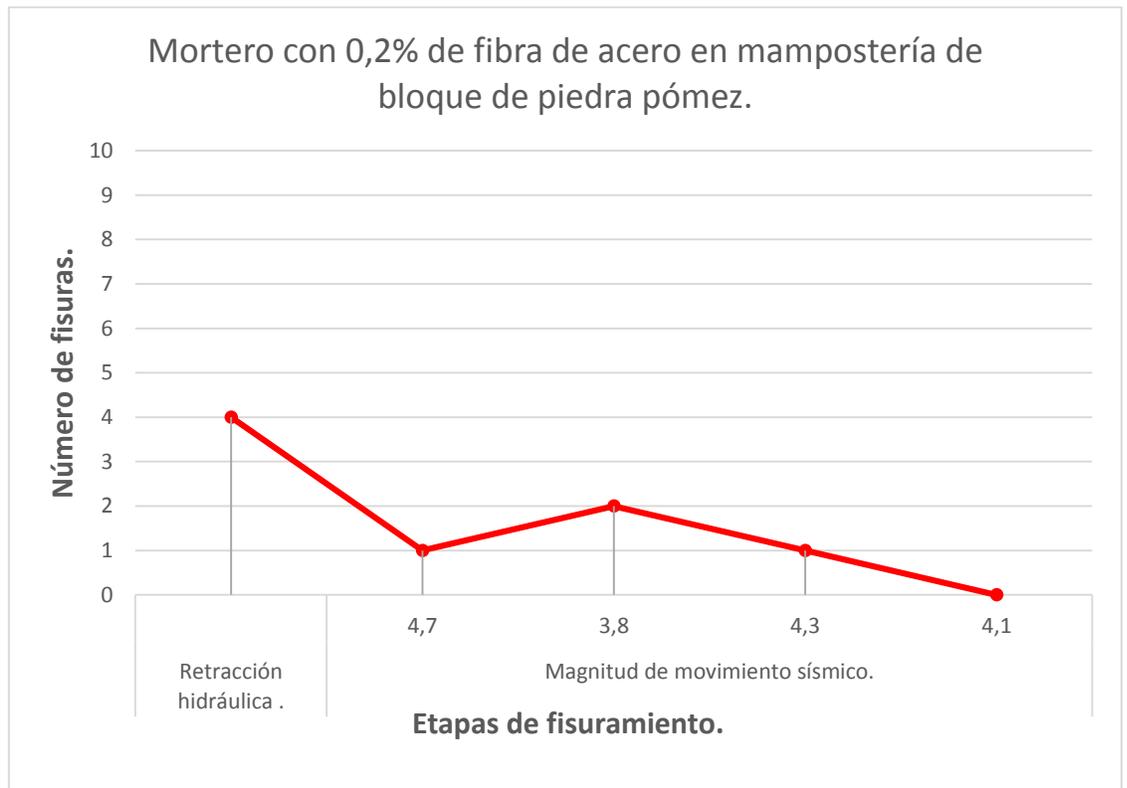


Gráfico 43 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,2 % de fibras de acero en mampostería de bloques de piedra pómez.
Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En el gráfico 43 muestra que en la retracción hidráulica se originaron 4 fisuras, 3 de ellas con un promedio de ancho de 0.05-0.3mm y 1 entre 0.4-0.8mm; por movimientos sísmicos se presentaron 4 fisuras, en el de magnitud 4.7 tenemos 1 con ancho de 0.05-0.3mm, en el de magnitud 3.8 tenemos 2 con ancho de 0.05-0.3mm, y en el de magnitud 4.3 tenemos 1 con ancho de 0.05-0.3mm.

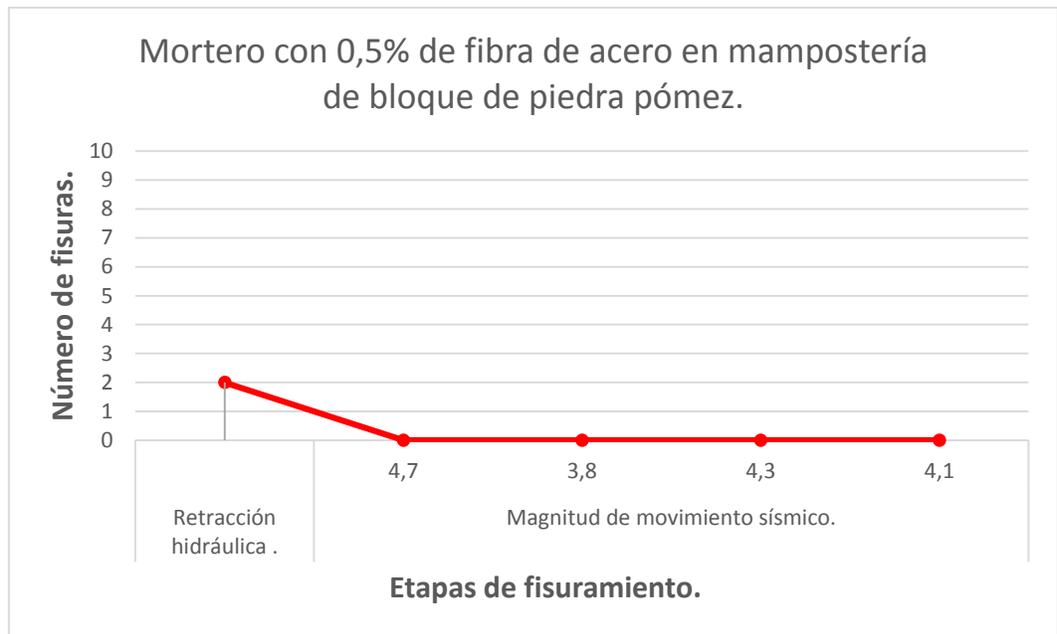


Gráfico 44 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,5 % de fibras de acero en mampostería de bloques de piedra pómez.

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En el gráfico 44 se presentaron por retracción hidráulica 2 fisuras de 0.05-0.3mm, mientras que por efectos sísmicos no se originaron ningún tipo de fisuras.

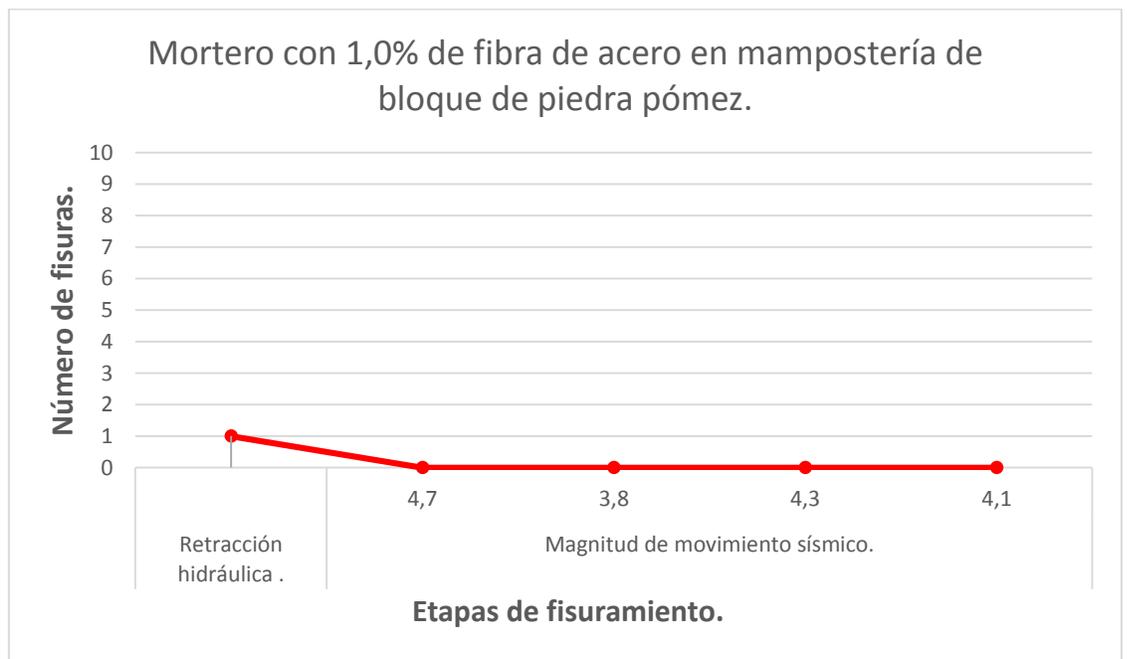


Gráfico 45 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 1,0 % de fibras de acero en mampostería de bloques de piedra pómez.

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En el grafico 45 se presenta 1 fisura por medio de la retracción hidráulica siendo esta de 0.05-0.3 mm., los efectos sísmicos no causaron ningún tipo de fisura en esta muestra.

Tabla 26

Tabla de fisuras presentadas en mampostería de bloques de arcilla.

MAMPOSTERÍA			
DE BLOQUE DE ARCILLA	Fisuras por retracción hasta máximo 10 días.	Fisuras por movimientos sísmicos.	Total de fisuras presentadas.
Porcentaje de fibra			
0.0%	2	0	2
0.2%	2	0	2
0.5%	0	0	0
1.0%	0	0	0

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En la tabla 26 se evidencia el total de fisuras originadas en la mampostería de Bloque de Arcilla, sin embargo, se tomaron como referencias pese a que se ubicaron en la junta entre las muestras de morteros con adición de fibra de acero en diferentes porcentajes.

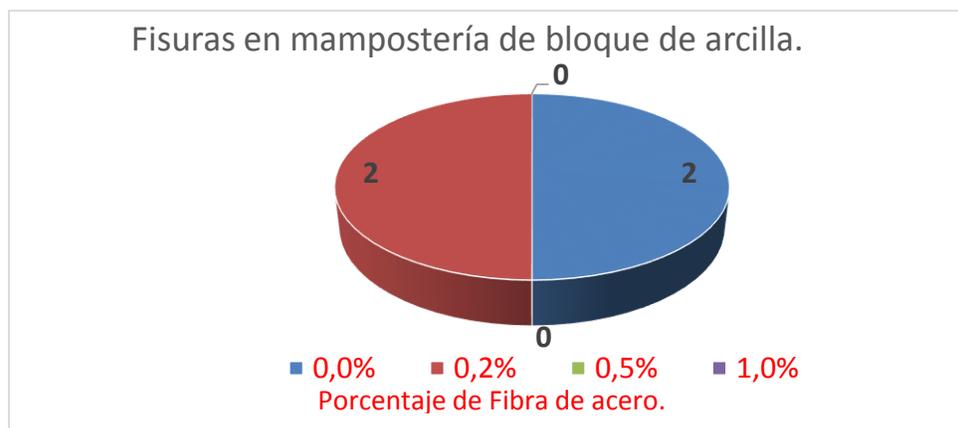


Gráfico 46 Fisuras presentadas en mampostería de bloques de arcilla.

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En el grafico 46 se muestra la cantidad de fisuras que se originaron en las muestras de mortero con fibra de acero del 0.2% y en el mortero simple.

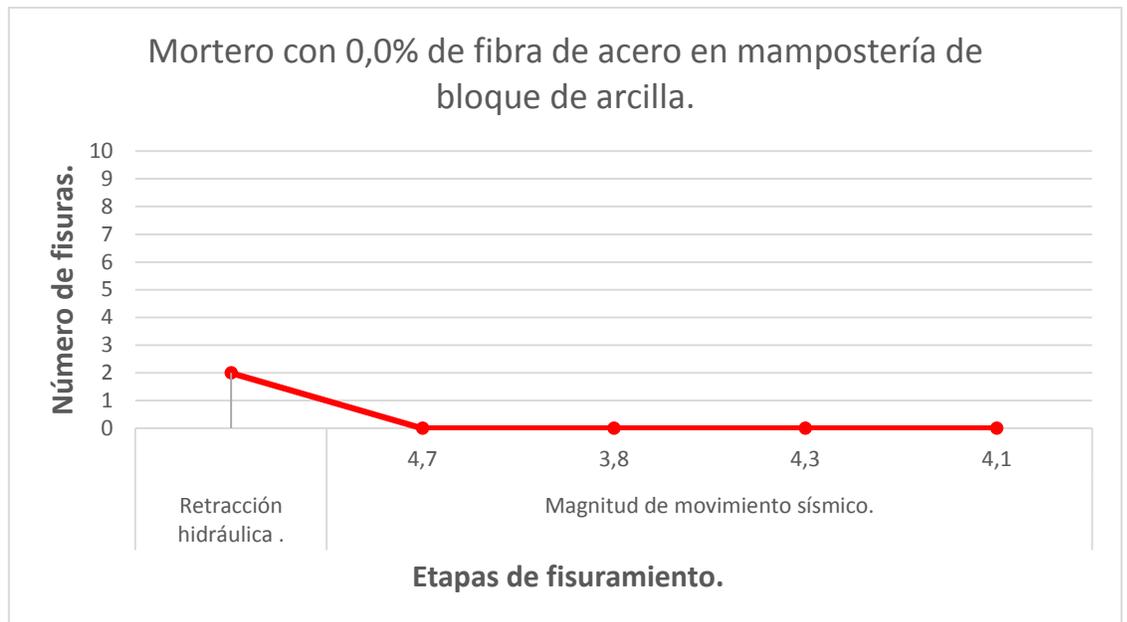


Gráfico 47 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,0 % de fibras de acero en mampostería de bloques de arcilla.

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En el gráfico 47 se originó por medio de la retracción hidráulica 2 fisuras, siendo 1 de ellas con un ancho entre 0.05-0.3mm, y la siguiente con un ancho entre 0.4-0.8mm.

Por efectos sísmicos no se presentaron ningún tipo de fisura.

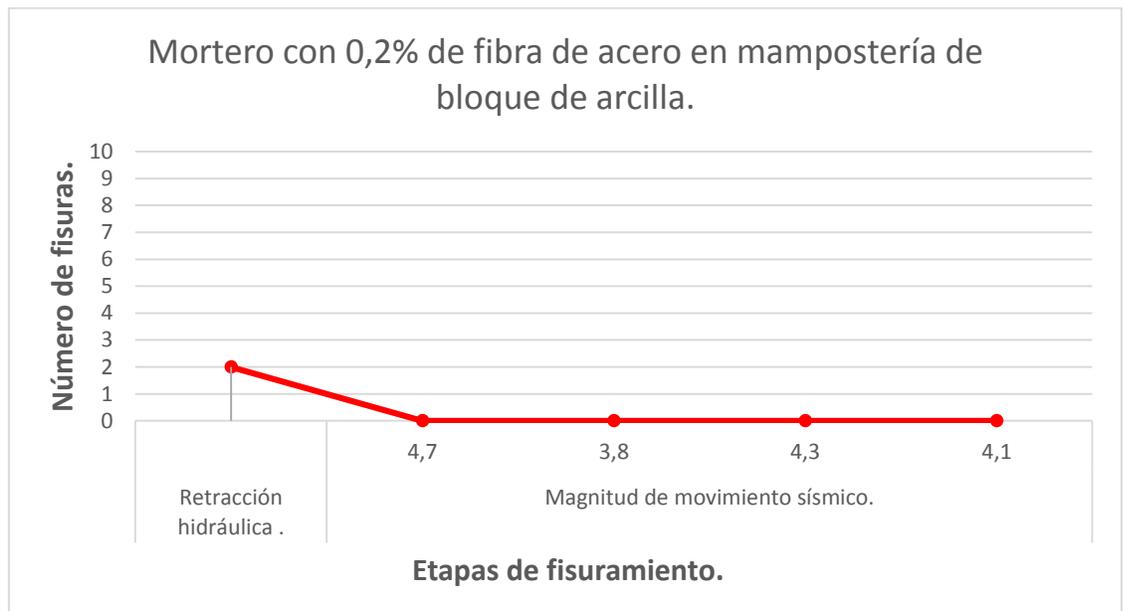


Gráfico 48 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,2 % de fibras de acero en mampostería de bloques de arcilla.

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En el grafico 48 la retracción hidráulica del mortero originó 2 fisuras, del mismo modo que oscila entre 0.05-0.3mm, y 0.04-0.08mm. Al igual que la anterior muestra, esta no presenta fisuras producto a los efectos sísmicos.

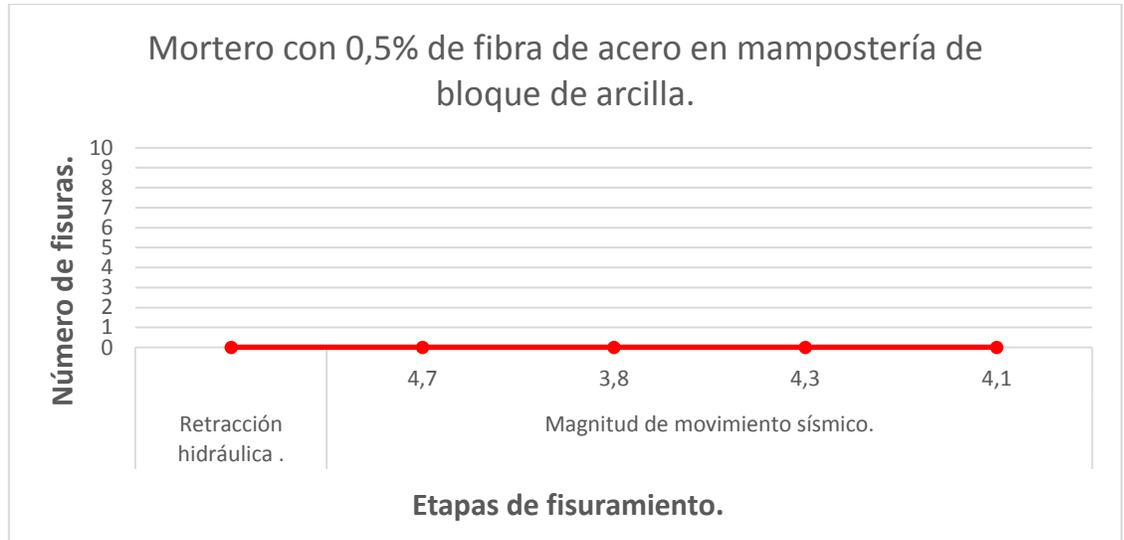


Gráfico 49 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 0,5 % de fibras de acero en mampostería de bloques de arcilla.

Elaborado por: Lavayen, & Tigua (2019)

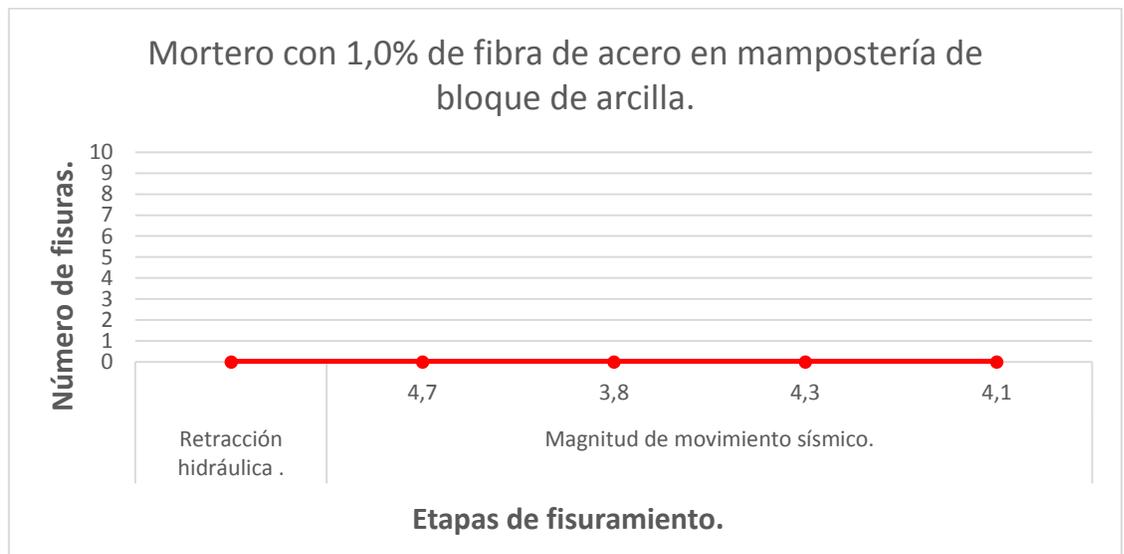


Gráfico 50 Comportamiento de fisuras presentadas en mortero con 1,0 % de fibras de acero en mampostería de bloques de arcilla.

Elaborado por: Lavayen & Tigua (2019)

En los gráficos 49 y 50 no se presentaron fisuras de ningún ancho promedio tanto en la retracción hidráulica como en los efectos sísmicos.

CONCLUSIONES

En los primeros ensayos realizados de la resistencia a la compresión del mortero, para la dosificación de diseño se obtuvo una resistencia de 161,10 kg./cm², lo que equivale a un incremento del 5,32%, valor que es superior al establecido por la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, que es de 152,96 kg./cm² para morteros tradicionales para ser usados como mortero de pega o de relleno en mampostería.

Recalcar también que los ensayos de la resistencia a la compresión para la dosificación de diseño determinaron a la rotura a los 3 días, un valor de 77,81 kg./cm², es decir que ya había alcanzado un 48,30% de la resistencia final obtenida.

Fundamentándose en las pruebas realizadas en el laboratorio, podemos resaltar que las muestras donde predominó la mayor cantidad de fibras de acero sean estas 0.50% y 1.00%, su resistencia fue menor a las obtenidas de las muestras con 0.20 % de fibras e incluso a la que se le realizó sin la adición de este material.

Durante el transcurso de los días, las fibras que a simple vista se pueden observar y que quedaron expuesta al ambiente fueron oxidándose. Para en la mampostería tipo Bloque de Arcilla, el mortero normal y el de los de diferentes porcentajes de fibras de acero no presentaron ningún tipo de fisuras debido a que este material (arcilla), supo mantener la cantidad de humedad necesaria incluyendo el ambiente que se presentó sean estos nublados o soleados durante los días que fue objeto de estudio.

Por otra parte, en la mampostería tipo Bloque de Hormigón, el mortero usado con y sin adición de fibras presentaron en su mayor parte fisuras durante la etapa de retracción hidráulica propuesta en 10 días debido a su rápida absorción de humedad, produciendo una contracción en dicho material provocando tensiones de tracción y corte.

Por los datos obtenidos de manera visual posterior a movimientos sísmicos, se concluye que se presentaron más fisuras en las mamposterías con bloques de hormigón y con bloques de piedra pómez, siendo en ambos casos en la dosificación de 0,2% de fibra de acero donde más fisuras se visualizaron, así como en la dosificación 0,5% donde menos cantidad de fisuras se presentaron. El mortero sobre la mampostería de bloque de arcilla presentó pocas fisuras posteriores a movimientos sísmicos.

La fibra de acero demostró tener un alto grado de complejidad al momento de realizar la mezcla con el cemento, la arena y el agua, por lo que se presentó una gran dificultad al momento de elaborar el mortero con las dosificaciones de fibra de acero. Los morteros con suficiente porcentaje de fibras de acero (0.50 y 1.00), tienen algo particular del mortero simple o con poca adición de fibras, puesto a que su trabajabilidad al momento de proceder a enlucir las paredes es complicada siendo producto una pared rugosa.

Las fibras utilizadas en la elaboración del mortero, tanto para los enlucidos como para los cilindros de muestras de laboratorio no retuvieron agua de mezclado, ya que al ser de acero éstas presentan una superficie impermeable.

RECOMENDACIONES

Se recomienda una vez pasado culminado el proceso de retracción hidráulica del mortero como tal, tratarla con una lija para posteriormente aplicar un recubrimiento impermeable con la finalidad de evitar que las fibras de acero se oxiden al encontrarse en contacto con el ambiente y a su vez que origine un acabado rugoso. Es favorable por razones de manejabilidad, revolver las fibras de acero con la cantidad requerida de arena antes de ser mezclada con el cemento y por ende con el agua, para lograr una mejor dosificación del mortero.

Para la dosificación de la fibra de acero en el mortero de enlucido se recomienda usar una longitud de la fibra no mayor a 3 mm., con la finalidad de tener una mejor trabajabilidad de la mezcla y una distribución homogénea de las fibras en la masa del mortero. Así mismo es importante que el mortero que tenga fibras de acero en dosificaciones de 0,5% y 1,0%, al momento de ser aplicado a las paredes como enlucido, a éste se le ejerza una mayor presión con el propósito de que se tenga una buena adherencia.

Es recomendable obtener el módulo de finura que se encuentre dentro del rango de la arena para este tipo de mortero el cuál debe usarse arena de río, y no la arena corriente que comúnmente se encuentra en las despensas de materiales de construcción. Algo importante es el uso de la malla de anclaje en las uniones entre la estructura metálica y la mampostería, así podremos disminuir el fisuramiento del contorno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, L., Mejía, G., Mora, D., Rivadeneira, F., & Santiana, D. (2012). *INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELÁSTICO DE MAMPOSTERÍAS CON RESISTENCIA ESTRUCTURAL PARA SER UTILIZADA EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE UN PISO Y PROYECCIÓN DE DOS*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/518/1/T-UCE-0011-27.pdf>
- BASTIDAS, Á. (2013). *ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA CON BLOQUES DE CONCRETO, REFORZADAS CON FIBRAS DE ACERO*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1311/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-72.pdf>
- Carlos Mendoza. (16 de 11 de 2007). *ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL EN ACERO, DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON LAS ESPECIFICACIONES A.I.S.C. MÉTODO L.R.F.D. 1993*. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/540/Tesis%20pdfnicolasmendoza.pdf?sequence=1>
- CIBAO, C. (18 de 01 de 2018). *LOS TIPOS DE MAMPOSTERIAS DISPONIBLES EN UNA CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de <http://cementoscibao.com/los-tipos-de-mamposteria-disponibles-en-una-construccion/>
- Coruña, R. (2018). *Reforma Coruña*. Obtenido de Grietas en esquinas de ventanas de edificios: <https://reformacoruna.com/grietas-fachada-ventana/>
- Cymper. (28 de 09 de 2015). *cymper.com*. Obtenido de <https://www.cymper.com/blog/fibras-para-el-refuerzo-de-hormigones-y-morteros/>
- DIEGO SANCHÉZ DE GUZMÁN. (2014). *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y MORTERO*. BOGOTÁ: BHANDAR EDITORES.
- dspace.espol. (s.f.). *El agua para morteros*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5940/2/EI%20agua%20para%20Morteros.pdf>
- Elida Florián. (04 de 2009). *RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO EN MAMPOSTERÍA DE VIVIENDAS MÍNIMAS, MENORES A 50 M2*. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2991_C.pdf
- GERARDO RIVERA. (2015). *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y MORTERO*. POPAYÁN: UNICAUCA.
- INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA. (2015). *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA*. MÉXICO DF.: INIFED.
- Ingeplan. (2014). *ELORRIO*. Obtenido de http://www.elorrio.eus/es-ES/Ayuntamiento/Perfil-Contratante/2014%20Proyecto%20de%20urbanizacion%20del%20vial%20y%20puente6/P1201_PPTP_280_V03.pdf

- JAVIER CESÍN FARAH. (s.f.). *INSPECCIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA*. Obtenido de http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/cu/cu_14/te_01/ar_06.pdf
- Jorge Rendón, Sika. (JULIO de 2014). *LAS FISURAS EN EL CONCRETO REFORZADO*. Obtenido de <https://col.sika.com/dms/getdocument.get/bf356134-5aed-3f84-8f49-ec53fdc410d2/Conferencia%20Fisuras%20en%20el%20Concreto.pdf>
- José Arriola. (noviembre de 2009). *Diseño de morteros con cemento hidráulico para la construcción de muros con elementos de mamposterías*. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3077_C.pdf
- JUAN POLANCO, & JESÚS MARQUÍNEZ. (2014). *MORTEROS Y HORMIGONES*. CANTABRIA: CREATIVE COMMONS BY-NC-SA 3.0.
- Julián Carrillo, & Sergio Alcocer. (2016). *Muros de Concreto Reforzado con Fibras de Acero*. ECOE Ediciones.
- Julio Castro. (MAYO de 2016). *REPOSITORIO UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*. Obtenido de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23307/1/Tesis%201019%20-%20Castro%20Aguirre%20Julio%20C%3%A9sar.pdf>
- Mendoza, N. (16 de NOVIEMBRE de 2007). *Análisis y Diseño Estructural En Acero, de una nave industrial con las especificaciones A.I.S.C. método L.R.F.D. 1993*. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/540/Tesis%20pdfnicolasmendoza.pdf?sequence=1>
- NEC. (08 de 2014). *NORMAS ECUATORIANAS DE LA CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de CARGAS SISMICAS - DISEÑO SISMO RESISTENTE: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-DS.pdf>
- NEC, 3. (12 de 2014). *NORMAS ECUATORIANAS DE LA CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de ESTRUCTURAS DE ACERO: <https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec3.pdf>
- Patricia Mármol. (2010). *Hormigones con Fibras de Acero*. Obtenido de http://oa.upm.es/4510/1/TESIS_MASTER_PATRICIA_CRISTINA_MARMOL_SALAZAR.pdf

ANEXOS FOTOGRÁFICOS



















