



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TÍTULO:

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA CON
BLOQUES DE CONCRETO, REFORZADAS CON FIBRAS DE
ACERO**

AUTOR:

ALVARO SEBASTIAN BASTIDAS IZURIETA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

DR. WALTER MERA ORTIZ

2013



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Alvaro Sebastian Bastidas Izurieta, como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniero Civil.

TUTOR

Dr. Walter Mera Ortiz

REVISORES

Ing. Luis O. Yépez Roca

Ab. Manuel Castillo Toledo

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Mario Dueñas Rossi

Guayaquil, a los 22 del mes de Abril del año 2013



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Alvaro Sebastian Bastidas Izurieta

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación Estudio comparativo del comportamiento estructural de paredes de mampostería con bloques de concreto, reforzadas con fibras de acero, previa a la obtención del Título de Ingeniero Civil, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme a las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 22 del mes de Abril del año 2013.

EL AUTOR

Alvaro Sebastian Bastidas Izurieta



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, Alvaro Sebastian Bastidas Izurieta

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: Estudio comparativo del comportamiento estructural de paredes de mampostería con bloques de concreto, reforzadas con fibras de acero, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 22 del mes de Abril del año 2013.

EL AUTOR

Alvaro Sebastian Bastidas Izurieta

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

DR. WALTER MERA ORTIZ

TUTOR

ING. LUIS O. YÉPEZ ROCA

PROFESOR DELEGADO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

CALIFICACIÓN

Números

Letras

**DR. WALTER MERA ORTIZ
TUTOR**

ÍNDICE GENERAL

PÁG.

Introducción.....	1
-------------------	---

CAPÍTULO I

Descripción de los materiales que componen las paredes de mampostería

Mortero

1. Mortero.....	3
1.1.1. Componentes del Mortero.....	3
1.1.2. Tipos de Mortero.....	4
1.1.3. Clasificación de los Morteros.....	5
1.1.4. Preparación del Mortero.....	5
1.1.5. Características del Mortero.....	7
1.2 Bloques de Cemento.....	8
1.2.1. Características.....	9
1.2.2 Dimensiones	11

CAPÍTULO II

Descripción de la Fibra de Acero

2.1. Descripción de las Fibras de Acero	14
2.1.1 Ventajas / Beneficios.....	15

CAPÍTULO III

Construcción de Paredes de Prueba

3.1. Herramientas.....	18
3.2. Dimensiones de las Paredes.....	18

3.3. Mano de Obra.....	18
3.4. Dosificación de las Fibras en el Mortero.....	19
3.4.1. Modo de Empleo de las fibras.....	20
3.5. Construcción de las Paredes.....	21
3.5.1. Curado de las Paredes.....	23

CAPÍTULO IV

Pruebas experimentales del comportamiento del mortero de cemento hidráulico reforzado con fibras de acero

4.1. Análisis a Flexión.....	25
4.2. Nomenclaturas	26
4.3. Elaboración de las Probetas	27
4.4. Desmolde de las Probetas.....	29
4.5. Curado de las Probetas.....	30
4.6. Ensayo a Flexión de las Probetas.....	30
4.7. Cronograma de Rotura de las Probetas.....	32
4.8. Cálculo de los esfuerzos a flexión.....	33
4.9. Resultados de los ensayos a flexión a los 7, 14 y 28 días.....	34

CAPÍTULO V

Pruebas experimentales de los especímenes de prueba

5.1. Equipo Utilizado.....	40
5.2. Traslado de las paredes.....	40

5.3. Ensayo de Resistencia al Corte.....	43
5.3.1. Ejecución del Ensayo.....	44
5.3.2. Resultado de los Ensayos.....	45
5.4. Ensayo de Resistencia a Compresión Diagonal.....	46
5.4.1. Ejecución del Ensayo.....	47
5.4.2. Resultado de los Ensayos.....	47

CAPÍTULO VI

Comparación de Resultados entre las paredes con bloques de cemento y bloques de arcilla reforzadas con fibras de acero

6. Comparación de Resultados entre las paredes con bloques de cemento y bloques de arcilla reforzadas con fibras de acero.....	49
6.1. Resultados de los Ensayos a Corte de las Paredes construidas Bloques de Arcilla.....	49
6.1.1. Resultados de los Ensayos a Corte de las Paredes construidas con Bloques de Cemento.....	50
6.1.2. Comparación de Resultados de los Ensayos a Corte entre las Paredes con Bloques de Arcilla y Bloques de Cemento.....	50
6.2. Resultados de los Ensayos a Compresión Diagonal de las Paredes construidas con Bloques de Arcilla.....	51
6.2.1. Resultados de los Ensayos a Compresión Diagonal de las Paredes construidas con Bloques de Cemento.....	51
6.2.2. Comparación de Resultados de los Ensayos a Compresión Diagonal entre las Paredes con Bloques de Arcilla y Bloques de Cemento.....	52

Conclusiones..... 54

Anexos

Anexo A..... 58

Anexo B..... 67

Anexo C..... 73

Anexo D..... 80

Bibliografía..... 81

ÍNDICE DE TABLAS	PÁG.
TABLA 1. Proporciones Empíricas de Morteros Hidráulicos.....	6
TABLA 2. Tipos y Dimensiones de Bloques de Cemento Comerciales....	12
TABLA 3. Clasificación de las Probetas.....	26
TABLA 4. Cronograma de Elaboración de Probetas.....	26
TABLA 5. Cronograma de Rotura de las Probetas.....	32
TABLA 6. Ensayos a los 7 días.....	34
TABLA 7. Ensayos a los 14 días.....	35
TABLA 8. Ensayos a los 28 días.....	35
TABLA 9. Resumen de Resultados de Pruebas a Flexión de las Probetas.....	36
TABLA 10. Ensayos a los 28 días.....	45
TABLA 11. Ensayos a los 28 días.....	47
TABLA 12. Ensayos a los 28 días.....	49
TABLA 13. Ensayos a los 28 días.....	51
TABLA 14. Tolerancia admisible para la determinación del esfuerzo a flexión.....	63
TABLA 15. Calibración del sistema hidráulico.....	80

ÍNDICE DE FOTOS	PÁG.
FOTO 1. Fibras de acero.....	16
FOTO 2. Balanza para calcular la dosificación de las fibras por saco de cemento, recipiente vacío.....	19
FOTO 3. Balanza para calcular la dosificación de las fibras por saco de cemento, 1-3.....	19
FOTO 4. Balanza para calcular la dosificación de las fibras por saco de cemento, 2-3.....	20
FOTO 5. Balanza para calcular la dosificación de las fibras por saco de cemento, 3-3.....	20
FOTO 6. Mezcla de 1 saco de cemento, arena y fibra de acero.....	20
FOTO 7. Mezcla 1 saco de cemento, arena, agua y fibra de acero.....	20
FOTO 8. Se utilizan tiras de cartón como base de las paredes.....	21
FOTO 9. Proceso de construcción de paredes.....	21
FOTO 10. Pared Concluida.....	22
FOTO 11. Vista de las paredes concluidas.....	22
FOTO 12. Máquina para el ensayo de las probetas.....	25
FOTO 13. Molde para la mezcla.....	27
FOTO 14. Colocación de la mezcla en los moldes.....	28
FOTO 15. Las muestras listas para ser desmoldadas una vez transcurridas las 24 horas.....	28
FOTO 16. Desmolde de las muestras de mortero + fibra.....	29
FOTO 17. Desmolde de las muestras mortero + fibra.....	29

FOTO 18. Desmolde de las muestras con y sin fibra.....	29
FOTO 19. Desmolde de las muestras solo mortero.....	29
FOTO 20. Muestras de M + F reposando en un reservorio con agua.....	30
FOTO 21. La carga se ejerce en el centro y perpendicular a la sección más corta de la probeta como se muestra en la foto.....	31
FOTO 22. Falla de la probeta de mortero + fibra.....	31
FOTO 23. Falla de la probeta solo mortero.....	35
FOTO 24. Falla de la probeta mortero + fibra, las fibras ayudan para que el elemento no se resquebraje.....	35
FOTO 25. Gato Hidráulico ENERPAC RC 156 con capacidad de hasta 112 KN.....	40
FOTO 26. Personal trasladando las paredes del sitio donde se construyeron hacia el laboratorio.....	41
FOTO 27. Amarre de la pared con bandas.....	42
FOTO 28. Traslado de la pared con la ayuda del tecele y del personal....	42
FOTO 29. Pórtico donde se van a realizar los ensayos de corte y compresión diagonal.....	43
FOTO 30. La pared preparada para ser sometida al ensayo.....	44
FOTO 31. Falla de la pared de mortero + fibra a cortante.....	45
FOTO 32. Preparación de la pared.....	46
FOTO 33. Graduación del gato hidráulico.....	46
FOTO 34. Falla en la punta superior, pared de mortero + fibra ensayo a compresión diagonal	47

ÍNDICE DE FIGURAS**PÁG.**

FIGURA 4.1. Resistencia a flexión de las probetas a los 7 días.....	37
FIGURA 4.2. Resistencia a flexión de las probetas a los 14 días.....	37
FIGURA 4.3. Resistencia a flexión de las probetas a los 28 días.....	38
FIGURA 6.1. Cuadro Comparativo entre los Resultados de los Ensayos a Corte.....	50
FIGURA 6.2. Cuadro Comparativo entre los Resultados de los Ensayos a Compresión Diagonal.....	52

Estudio Comparativo del Comportamiento Estructural de Paredes de Mampostería con Bloques de Concreto Reforzadas con Fibras de Acero

Introducción

El presente tema de monografía **“Estudio del comportamiento estructural de paredes de mampostería con bloques de concreto reforzadas con fibras de acero”**, pretende investigar a fondo su implementación, demostrar las características y propiedades mecánicas a través de los ensayos correspondientes. Dar a conocer los beneficios que aportaría este material ante el problema en cuanto a reducción y control de fisuras o para sobrellevar acciones dinámicas, proporcionando una mejor calidad y durabilidad de los elementos no estructurales.

Analizar las características del mortero aplicando las fibras de acero, que va a ser estudiado por medio de probetas que van a ser sometidas a ensayos de esfuerzo a flexión. Además con dicho mortero se van a construir y enlucir las paredes para posteriormente someterlas a ensayos de compresión diagonal y corte.

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos se determinará las ventajas y desventajas que tendrá este mortero. Comparando el comportamiento estructural entre las paredes construidas con bloques de cemento reforzadas con fibras de acero y las paredes construidas con bloques de arcilla reforzadas con la misma fibra, proyecto que se realiza simultáneamente al presente Trabajo de Grado.

CAPÍTULO I

**Descripción de los materiales que
componen las paredes de
mampostería**

Descripción de los materiales que componen las paredes de mampostería

1. Mortero

Es un material que se utiliza en la obra de albañilería se adquiere mezclando uno o más elementos aglomerantes, tales como, arena, agua y eventualmente algún aditivo.

Es fundamental para la construcción ya que es el material con el que se adhieren los bloques de construcción como piedras, ladrillos, bloques de hormigón o arcilla, etc.

Además, se utiliza para crear revestimientos en elementos de mampostería, más conocido como “enlucido”. También trabaja como protector de la acción de los agentes externos que se encuentran sometidos (lluvia, hielo, frío-calor, etc), que pudieran ser una amenaza, causando el deterioro del elemento.

Este producto obtenido también es empleado para brindar un mejor acabado arquitectónico.

1.1.1. Componentes del Mortero

- **Agua:** En general cualquier agua potable es válida, con la condición que debe estar libre de sales minerales.

- **Cemento:** Existen cinco tipos de cemento:
 - Tipo I: Normal
 - Tipo II: Moderado
 - Tipo III: De rápido endurecimiento

- Tipo IV: De bajo calor de hidratación
 - Tipo V: Resistente a los sulfatos
 - El cemento que se va a utilizar es el cemento Portland Tipo I.
-
- **Arena:** Puede ser natural o triturada. Debe estar libre de materiales contaminantes como: sales, arcilla o impurezas orgánicas; además de estar bien tamizada para obtener una mejor trabajabilidad y adherencia al mortero.

 - La fibra que se utilizará para la construcción de los especímenes son fibras de acero.

1.1.2. Tipos de Mortero

- Morteros de cal

- Morteros de cemento

- Morteros de cemento-cola

- Morteros mixtos, en los que se mezclan dos aglomerantes:

- Yeso y cal

- Cal y cemento

1.1.3. Clasificación de los Morteros

Generalmente, según a las características de la masa, se distinguen tres tipos de morteros:

- **Cemento**: La mayor ventaja es su elevada resistencia y la celeridad con la que se seca y endurece. No obstante, es poco flexible y fácil que se agriete.
- **Cal**: Posee la cualidad que es fácil de aplicar, flexible y untuoso. A pesar que es menos impermeable y resistente que el mortero de cemento.
- Además, existe un **mortero mixto** compuesto por cemento, cal y arena que incorpora las cualidades de los dos anteriores. En el caso que en la masa se añade más cemento que cal será más resistente y si la cantidad de cal es mayor será más flexible.

Tras conocer las características de cada una de las masas, será más fácil que mezcla se va a emplear según el trabajo que vaya a realizar.

1.1.4. Preparación del Mortero

Para obtener un buen mortero se debe comenzar con una dosificación que cumpla con los requisitos de calidad. Dicha dosificación deberá realizarse por peso porque es más exacto, ya que por volumen se tendrán problemas de hinchamiento de la arena con la humedad.

Proporción Cemento: Arena por Volumen	Aplicaciones y Observaciones
1 : 1	Mortero rico, empleado para rellenar grietas o resanar. Consistencia aguada. Alta adhesividad e impermeabilidad.
1 : 2	Mortero útil para juntar mampostería de alta resistencia (piedra, bloque de concreto). Alta impermeabilidad.
1 : 3	Para juntar mampostería de uso común. Buena resistencia al intemperismo. Revestimientos en general.

Tabla 1. Proporciones Empíricas de Morteros Hidráulicos

Algunos principios significativos en la dosificación de morteros incluyen lo siguiente:

- Los morteros con altos contenidos de cemento producen altas resistencias pero asimismo pueden agrietarse desmesuradamente durante el secado. Esta clase de morteros son muy densos, durables e impermeables, fraguan muy rápido y ostentan una gran capacidad de adherencia.
- Los morteros con bajo contenido de cemento son muy constantes a los cambios volumétricos, poseen muy baja capacidad de adherencia, además son muy absorbentes y debido a su baja resistencia son menos durables y brindan menor rigidez a los elementos.

- Los morteros que poseen gran contenido de arena son más económicos y estables a los cambios volumétricos, con la condición que cumplan con la resistencia deseada.
- Además a los morteros se le puede incorporar una gran diversidad de aditivos (sustancias diferentes a sus componentes) dependiendo de las propiedades que se requieran lograr. Algunas de las sustancias extras pueden ser fibras de acero, cal, materiales plásticos o los aditivos empleados en el concreto.

1.1.5. Características del Mortero

La mezcla debe ser una masa que cumpla con las siguientes características:

- **Plasticidad:** *“Propiedad del mortero fresco de la que depende la mayor o menor aptitud para poder tenderlos y rellenar completamente las juntas. De la plasticidad depende lograr una buena unión entre los elementos constructivos cuando colocamos mampuestos así como disminuir la penetración de agua en los cerramientos terminados”. [1]*
- **Resistencia a la compresión:** *“Es la propiedad más indicativa del comportamiento del mortero en los cerramientos portantes construidos con mampuestos. La resistencia debe ser lo más elevada posible aunque es conveniente que sea inferior a los elementos de albañilería que va a unir”. [1]*
- **Adherencia:** *“La adherencia es la capacidad del mortero de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie del soporte”. [1]* Es posiblemente, la principal propiedad que se debe exigir al mortero, pues de ella depende la estabilidad del recubrimiento. Una adherencia

correcta impedirá que el mortero se desprege del soporte como consecuencia de sus variaciones dimensionales.

- **Retención de Agua:** *“Es la propiedad que tienen los morteros para mantener trabajabilidad cuando están en contacto con piezas absorbentes, evitando que pierda el agua de forma rápida, lo que además podría dar problemas en el fraguado del cemento pudiéndose producir fisuras en el mismo. Se mejora notablemente con el uso de la cal o aditivos específicos”. [2]*
- **Segregación:** *“Es la separación de los componentes del mortero lo que origina morteros disgregados. Se evita añadiendo agua en exceso y utilizando arenas con tamaños no muy grandes”. [2]*

1.2. Bloques de Cemento

“El bloque de cemento es una pieza prefabricada con forma de prisma recto y con uno o más huecos verticales, su utilización en sistemas de mamposterías simples o estructurales, se dan debido a la posibilidad de reforzar las piezas vertical y horizontalmente”. [3]

El bloque de concreto es utilizado largamente en la construcción, desde viviendas de interés social a edificaciones comerciales e industriales, muros de contención, etc. Están dentro de la categoría de mampuestos que en obra se manipulan a mano, y son especialmente diseñados para la albañilería confinada y armada, además proporcionan seguridad y aislamiento ante agentes externos como calor, humedad, bajas temperaturas, etc.

1.2.1. Características

La mampostería estructural y no estructural se operan bajo las normas ASTM (American Society for Testing and Materials), que determinan las características físicas de los bloques de cemento mediante los ensayos correspondientes.

- **Densidad:** Es la relación entre la masa (peso) y el volumen bruto del elemento.
- **Absorción:** *“Es la propiedad del concreto de la unidad para absorber agua hasta llegar al punto de saturación. Está directamente relacionada con la permeabilidad de la unidad o sea el paso de agua a través de sus paredes. Es importante tener los menores niveles de absorción posibles ya que a mayor absorción de las unidades, estas sustraen más agua del mortero, reduciendo o anulando la hidratación del cemento en la superficie que los une”. [4]*
- **Contracción:** Es una rápida pérdida de agua de la superficie del concreto antes que este haya fraguado, ocasionando reducción en el volumen de una masa del elemento (unidad de mampostería).
- **Contenido de humedad:** Se define como el porcentaje de agua que se encuentra en un espécimen, representada como un porcentaje del peso del espécimen secado al horno.
- **Eflorescencia:** *“Son concentraciones generalmente blanquecinas que aparecen en la superficie de los elementos de construcción, tales como ladrillos, rocas, concretos, arenas, suelos, debido a la existencia de sales. El mecanismo de la eflorescencia es simple; los*

materiales de construcción expuestos a la humedad en contacto con sales disueltas, están sujetos a fenómenos de eflorescencia por capilaridad al posibilitar el ascenso de la solución hacia los parámetros expuestos al aire; allí el agua evapora provocando que las sales se depositen en forma de cristales que constituyen la eflorescencia”. [5]

- **Durabilidad:** Es la destreza que tiene el material para resistir la acción de los agentes climáticos o cualquier otro proceso de deterioro. Y determina que el concreto durable debe mantener su forma original, calidad y características de servicio cuando es expuesto a este ambiente.
- **Aislamiento térmico:** *“Las transmisiones de calor a través de los muros son un problema que afecta el comodidad y la economía de la vivienda en las zonas cálidas y frías por el alto costo que significa el empleo de aislantes o de calefacción, como sea el caso. Los bloques tienen un coeficiente de conductividad térmico variable, en el que influyen los tipos de agregados que se utilice en su fabricación y el espesor del bloque. Se puede bajar la transmisión térmica de los muros revocándolos con mortero preparados con agregados livianos de procedencia volcánica”. [6]*
- **Aislamiento Acústico:** *“En lo referente a la transmisión del sonido, los bloques tienen capacidad de absorción variable de un 25 % a un 50%; si se considera un 15% como valor aceptable para los materiales que se utilizan en construcción de muros, la resistencia de los bloques a la transmisión del sonido viene a ser superior a la de cualquier otro tipo de material comúnmente utilizado”. [7]*






- **Resistencia al fuego:** *“La resistencia al fuego en las unidades de mampostería está relacionado con el diseño, dimensiones y el tipo de agregados utilizados en su fabricación, la relación (cemento/agregados), el procedimiento de curado del concreto y su resistencia”. [7]*
- **Succión:** Se define como la absorción previa que se produce entre la unión del bloque y la masa del mortero.

1.2.2. Dimensiones

Las dimensiones de una unidad de mampostería están definidas como su espesor, su altura y su longitud. Las dimensiones reales son las medidas directamente sobre la unidad en el momento de evaluar su calidad; las dimensiones estándar son las designadas por el fabricante en su catálogo o pliego (dimensiones de producción).

Tabla 2. Tipos y Dimensiones de Bloques de Cemento Comerciales

El bloque PL- 9 se ha empleado para la construcción de las paredes.

Tipo	Largo Cm	Altura Cm	Espesor Cm	Peso Seco Kg	Resisten- cia Mpa	Requeri- miento C / m2
LL-19 	39	19	19	10,5	2	12,5
PL-6 	39	19	6,5	6	3	12,5
PL-9 	39	19	9	7	3	12,5
PL-14 	39	19	14	9,2	4	12,5
PL-19 	39	19	19	13,2	4	12,5



Fuente: Tabla Recuperado de: (http://disensa.com/main/images/pdf/bloques_livianos.pdf)

CAPÍTULO II

Descripción de la Fibra de Acero

Descripción de la Fibra de Acero

2.1. Descripción de las Fibras de Acero

El hormigón es uno de los materiales más utilizados en la construcción, pero a pesar de su gran resistencia a compresión, tiene poca resistencia a esfuerzos de tracción, es por eso que las fibras han venido revolucionando el mercado, además de disminuir los costos operativos y actuar de manera estructural.

Debido a la adición de fibras se optimizarían sus características de tenacidad y resistencia a la tracción.

Son adecuadas para resistir acciones dinámicas o prevenir situaciones donde se requiera el control de los procesos de fisuración.

Estas también son utilizadas en aplicaciones estructurales con el objeto de reducir el refuerzo tradicional e incrementar mayor durabilidad.

Las fibras son elementos de pequeña sección y corta longitud que se añade a la masa del hormigón para proporcionarle ciertas propiedades específicas.

En el Trabajo de Grado las fibras que se van a emplear para añadir al hormigón serán las de acero, son filamentos deformados y cortados en pedazos para reforzar la estructura del hormigón sin alterar ninguno de sus otros componentes.

Se puede describir la geometría de la fibra señalando su longitud de 30 mm, diámetro de 1,10 mm y espesor entre 0,5 – 1,0 mm.

2.1.1. Ventajas / Beneficios

- Proporcionará un mejor comportamiento de la estructura ya que se va a incrementar la resistencia post fisuración.
- Exclusión en ciertas aplicaciones de la armadura convencional, con la consecuente reducción de tiempos y ahorro en cuanto a costos de la mano de obra.
- Prescindirá el desperdicio de materiales y simplificación de los trabajos de transporte, manipulación y colocación.
- Control eficaz de las fisuras.
- Aplicación rápida y fácil.
- Refuerzo de retracción plástica.
- Refuerzo de retracción de secado.
- Refuerzo de larga duración:
 - Fatiga
 - Fuego
 - Envejecimiento



Foto 1. Fibras de Acero

CAPÍTULO III

Construcción de Paredes de Prueba

Construcción de paredes de prueba

3.1. Herramientas

Se utilizaron las herramientas básicas para la construcción, como son:

- Plomada: Utilizada para comprobar las irregularidades verticales al momento de construir la pared.
- Nivel: Sirve para verificar las paredes se construyan de forma correcta en sentido vertical y horizontal, y también cuando se moldean los filos para que queden nivelados.
- Flexómetro: Se utiliza para medir las dimensiones de las paredes.
- Bailejo: Herramienta con la que se mezclan los componentes del mortero, también es utilizada para el enlucido.
- Cajón: Es el recipiente donde se elabora el mortero.
- Regla: Utilizada para enlucir para sacar el excedente de mortero y dejar el enlucido a la medida que se necesite.
- Paleta: Se la utiliza para dar el acabado a las paredes y filos.

3.2. Dimensiones de las Paredes

Las dimensiones de las paredes son de 1,1m x 1,1m.

3.3. Mano de Obra

Se necesitó la cantidad de 2 maestros y 1 ayudante para la construcción de las paredes.

3.4. Dosificación de las Fibras en el Mortero

Para la construcción de las paredes se utilizó la proporción cemento – arena de 1: 2, como se especifica a continuación:

- Arena: 100 000 gr
- Cemento: 50 000 gr
- Agua: 22 540 gr
- Fibras de Acero: 1500 gr = 8,7% de la mezcla del mortero

Primero se procedió a pesar el recipiente vacío, dando un peso de 10.3 gr y posteriormente se pesó el recipiente con las fibras con un peso de 503.4 gr por tres veces para alcanzar los 1500.00 gr, requeridos para la dosificación.



Foto 2. Balanza para calcular la dosificación de las fibras por saco de cemento, recipiente vacío



Foto 3. Balanza para calcular la dosificación de las fibras por saco de cemento, 1-3



Foto 4. Balanza para calcular la dosificación de las fibras por saco de cemento, 2-3



Foto 5. Balanza para calcular la dosificación de las fibras por saco de cemento, 3-3

3.4.1. Modo de Empleo de las fibras

Se procedió a esparcir las fibras a mano con el fin de tener una mezcla uniforme sobre la arena y el cemento previamente pesada, una vez disperso todo el material de forma uniforme, se mezcló con una pala y bailejo hasta obtener una masa de carácter homogénea.



Foto 6. Mezcla de 1 saco de cemento, arena y fibra de acero



Foto 7. Mezcla 1 saco de cemento, arena, agua y fibra de acero

3.5. Construcción de las Paredes

Se construyeron un total de 8 paredes de 1,1m x 1,1m, en donde 4 son de mortero + fibra y 4 solo de mortero.

Las paredes se levantaron en el sitio, sobre tiras de cartón o tiras de sacos de cemento, con el fin de poder despegarlas al momento de ser transportadas al laboratorio. Sobre las tiras se colocó el mortero, como se indica a continuación.



Foto 8. Se utilizan tiras de cartón como de base para las paredes



Foto 9. Proceso de construcción de paredes

Acorde se iban adhiriendo los bloques, se tomaba en cuenta que las paredes estén alineadas con la ayuda de la regla y el nivel. Pasadas 24 horas de haberse construidas, se procedió a humedecerlas y enlucirlas, utilizando de ayuda el bailejo para champear, regla y la paleta para dar el acabado.



Foto 10. Pared Concluida



Foto 11. Vista de las paredes concluidas

3.5.1. Curado de las Paredes

Una vez concluidas las paredes, se procedió a humedecerlas ya que de esta manera se evita que el elemento se fisure y para obtener una resistencia óptima, requisito para que al momento de ensayar las paredes estas estén en su mayor capacidad.

CAPÍTULO IV

**Pruebas experimentales del
comportamiento del mortero de
cemento hidráulico reforzado con
fibras de acero**

Pruebas experimentales del comportamiento del mortero de cemento hidráulico reforzado con fibras de acero

4.1. Análisis a Flexión

Para llevar a cabo el ensayo a flexión del mortero de cemento hidráulico se tomará como referencia la Norma ASTM C-348-97 (Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars).



Foto 12. Máquina para el ensayo de las probetas

Para la siguiente prueba se han considerado probetas de dos composiciones diferentes de mortero de 40x40x160 mm, las primeras sin fibras y otras con fibras de acero; y para la identificación de las probetas, se las ha clasificado por fecha de moldeo.

4.2. Nomenclaturas

Tipo	Descripción	Nomenclatura
1	Mortero	S/M
2	Mortero + Fibra	M + F

Tabla 3. Clasificación de las Probetas

En donde el significado de la nomenclatura es la siguiente:

S/M: Solo Mortero

M + F: Mortero + Fibra

Tabla 4. Cronograma de Elaboración de Probetas

Noviembre 2012						
LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM
29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23 6 M + F	24 6 M + F (Desmolde)	25
26	27	28 6 S/M	29 6 S/M (Desmolde)	30	1	2

4.3. Elaboración de las Probetas

Para la elaboración de las probetas se realizó el siguiente proceso:

- Se tomó una pequeña muestra de la mezcla con la que se estaban construyendo las paredes.
- Se procede a limpiar el molde y se lo engrasa para que al momento de desmoldar la muestra no se pegue.



Foto 13. Molde para la mezcla

- Se coloca el mortero en el molde metálico, en capas uniformes de aproximadamente 15mm, las cuales se compactaron para eliminar burbujas de aire o vacíos con una espátula especial que no retiene agua con el fin que la mezcla no pierda humedad, inmediatamente se golpeó

el molde a su alrededor con un martillo de goma, con la precaución que el material no se segregue. Y para concluir se enrasa la superficie eliminando cualquier excedente de material posible.



Foto 14. Colocación de la mezcla en los moldes



Foto 15. Las muestras listas para ser desmoldadas una vez transcurridas las 24 horas

4.4. Desmolde de las Probetas

Una vez concluido el proceso de elaboración de las probetas, se las deja reposar en el molde por un lapso de 24 horas hasta que hayan fraguado, para proceder a desmoldarlas.



Foto 16. Desmolde de las muestras de mortero + fibra



Foto 17. Desmolde de las muestras mortero + fibra



Foto 18. Desmolde de las muestras con y sin fibra



Foto 19. Desmolde de las muestras solo mortero

4.5. Curado de las Probetas

Luego de haber ejecutado el desmolde de las probetas, se realiza el curado respectivo en una piscina de agua por los siguientes 7, 14 y 28 días para someterlas a los ensayos correspondientes a flexión.

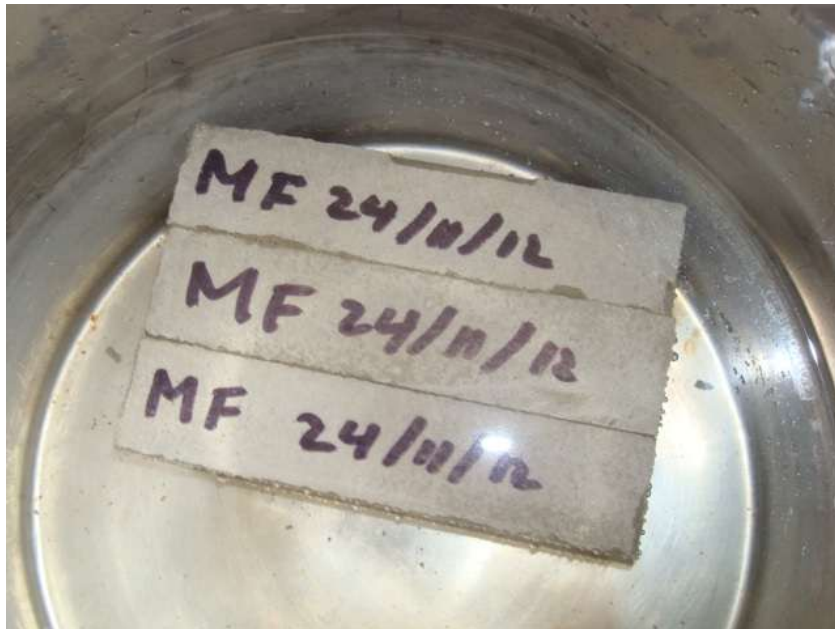


Foto 20. Muestras de M + F reposando en un reservorio con agua

4.6. Ensayo a Flexión de las Probetas

Para el ensayo a flexión se retira las probetas del reservorio por el tiempo determinado (7, 14 y 28 días), se las lleva a la máquina de ensayo y se procede a aplicar la carga a velocidad constante hasta que el elemento falle y se registra la máxima carga que ha soportado.



Foto 21. La carga se ejerce en el centro y perpendicular a la sección más corta de la probeta como se muestra en la foto



Foto 22. Falla de la probeta de mortero + fibra

4.7. Cronograma de Rotura de las Probetas

Diciembre 2012						
LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM
26	27	28	29	30	1 2 M+F 7 días	2
3	4	5	6 2 S/M 7 días	7	8 2 M+F 14 días	9
10	11	12	13 2 S/M 14 días	14	15	16
17	18	19	20	21	22 2 M+F 28 días	23
24	25	26	27 2 S/M 28 días	28	29	30

Tabla 5. Cronograma de Rotura de las Probetas

4.8. Cálculo de los esfuerzos a flexión

La siguiente fórmula se emplea para el cálculo a flexión:

$$R_f = \frac{Mc}{I}$$

En donde:

R_f: Esfuerzo a flexión

M: Momento Máximo

I: Inercia

Si:

$$M = \frac{PL}{4}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$c = \frac{h}{2}$$

$$b = h$$

Se obtiene lo siguiente:

$$Z = \frac{1,5PL}{h^3}$$

P= Fuerza N

L= 120mm

h= 40mm

4.9. Resultados de los ensayos a flexión a los 7, 14 y 28 días

Tabla 6. Ensayos a los 7 días

Probetas	Carga (KN)
01-12-2012 / M+F	1,84
01-12-2012 / M+F	1,50
06-12-2012 / S/M	1,50
06-12-2012 / S/M	1,69

Tabla 7. Ensayos a los 14 días

Probetas	Carga (KN)
08-12-2012 / M+F	2,14
08-12-2012 / M+F	1,91
13-12-2012 / S/M	1,80
13-12-2012 / S/M	1,79

Tabla 8. Ensayos a los 28 días

Probetas	Carga (KN)
22-12-2012 / M+F	2,31
22-12-2012 / M+F	2,41
27-12-2012 / S/M	2,53
27-12-2012 / S/M	2,53



Foto 23. Falla de la probeta solo mortero



Foto 24. Falla de la probeta mortero + fibra, las fibras ayudan para que el elemento no se resquebraje

Tabla 9. Resumen de Resultados de Pruebas a Flexión de las Probetas

Días de Curado	Probetas	Fuerza (KN)	Resistencia Flexión (Mpa)	Resistencia Promedio (Mpa)
7	M+F 1	1,84	5,18	4,70
7	M+F 2	1,50	4,22	
7	S/M 1	1,50	4,22	4,49
7	S/M 2	1,69	4,75	
14	M+F 1	2,14	6,02	5,70
14	M+F 2	1,91	5,37	
14	S/M 1	1,80	5,06	5,05
14	S/M 2	1,79	5,03	
28	M+F 1	2,31	6,50	6,64
28	M+F 2	2,41	6,78	
28	S/M 1	2,53	7,12	7,12
28	S/M 2	2,53	7,12	

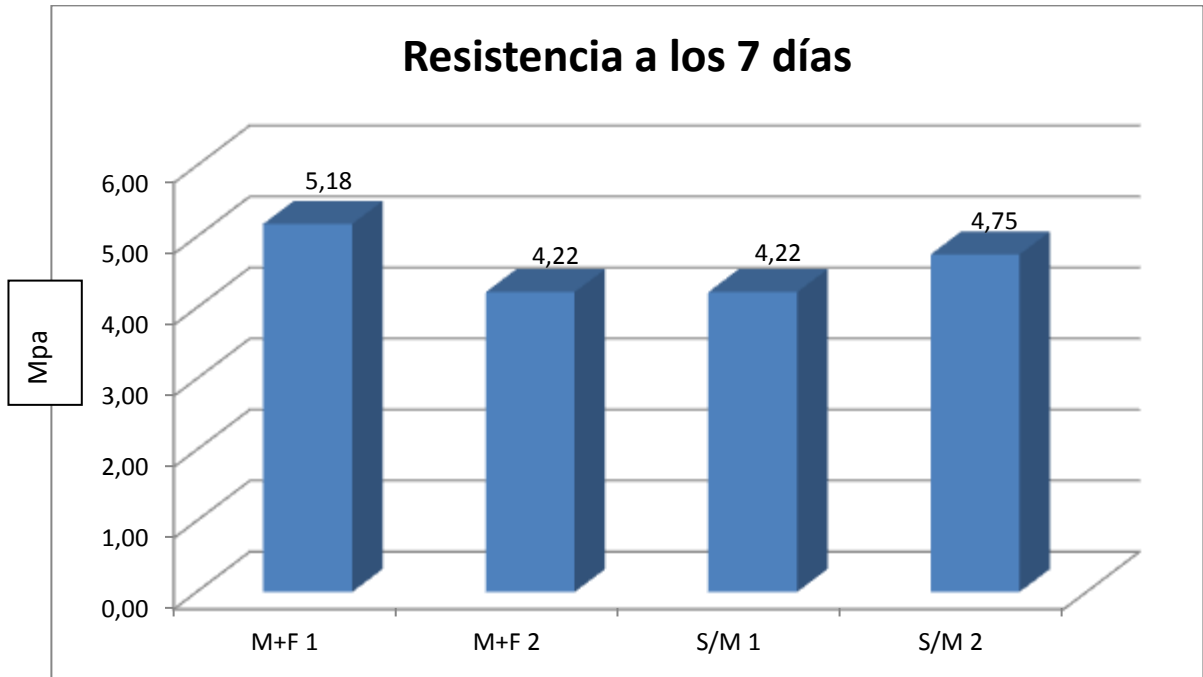


Figura 4.1. Resistencia a flexión de las probetas a los 7 días

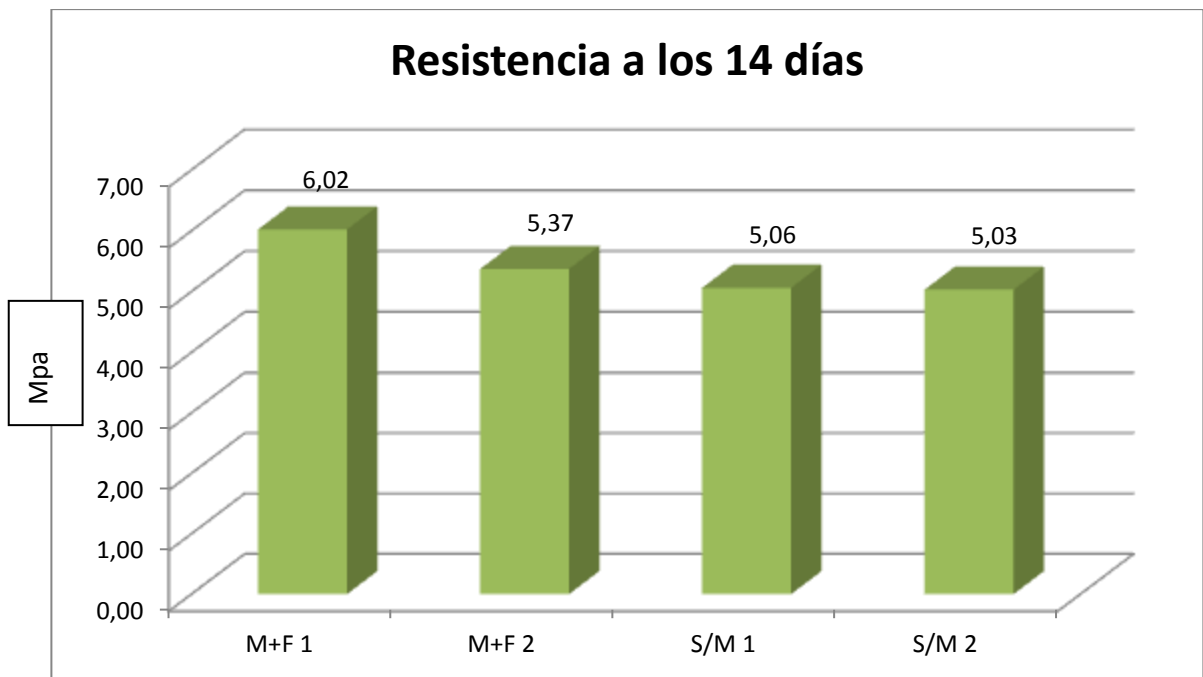


Figura 4.2. Resistencia a flexión de las probetas a los 14 días

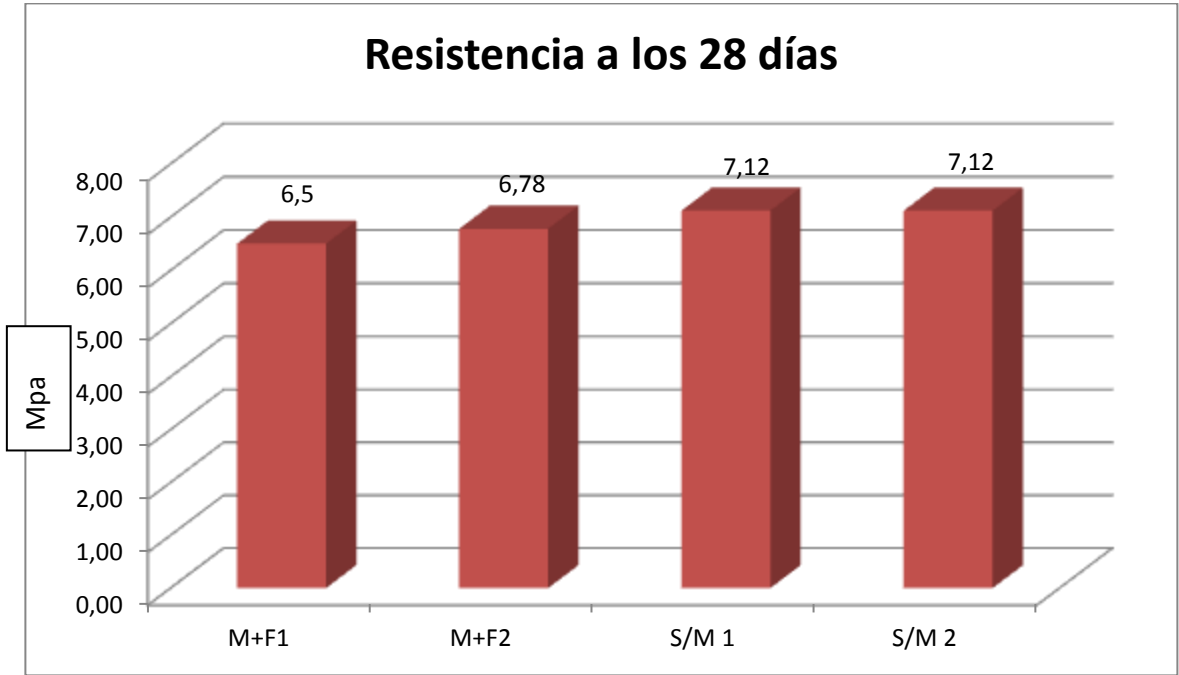


Figura 4.3. Resistencia a flexión de las probetas a los 28 días

CAPÍTULO V

**Pruebas experimentales de los
especímenes de prueba**

Pruebas experimentales de los especímenes de prueba

5.1. Equipo Utilizado

El equipo que se utilizó para los ensayos a cortante y compresión diagonal es el siguiente gato hidráulico.



Foto 25. Gato Hidráulico ENERPAC RC 156 con capacidad de hasta 112 KN

5.2. Traslado de las paredes

- Para el traslado de las paredes se requirió constar con la ayuda de 4 personas, de tal manera que cada uno cargue de cada extremo.



Foto 26. Personal trasladando las paredes del sitio donde se construyeron hacia el laboratorio

- Una vez que las paredes han sido trasladadas hacia el ingreso del laboratorio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil CEINVES, es necesario amarrarlas con bandas, para poder engancharlas al tecele y de esta forma ser transportadas al pórtico donde se van a realizar los respectivos ensayos.



Foto 27. Amarre de la pared con bandas



Foto 28. Traslado de la pared con la ayuda del tecele y del personal



Foto 29. Pórtico donde se van a realizar los ensayos de corte y compresión diagonal

5.3. Ensayo de Resistencia al Corte

Para realizar la prueba a cortante, se debe colocar el espécimen de prueba dentro del pórtico y de forma recta asentada sobre el suelo, donde se ubica el gato hidráulico en la parte superior izquierda y para evitar desplazamientos, debido a la carga que se va a aplicar, se coloca un apoyo sobre la parte inferior derecha.



Foto 30. La pared preparada para ser sometida al ensayo

5.3.1. Ejecución del Ensayo

Para la ejecución de este ensayo, se le aplicaron ciclos de carga de 1,4 KN hasta que el elemento falle. Se ensayaron dos paredes, una con contenido de solo mortero y la otra con mortero más fibra de acero.



Foto 31. Falla de la pared de mortero + fibra a cortante

5.3.2. Resultado de los Ensayos

Tabla 10. Ensayos a los 28 días

Especímenes de Prueba	Carga (PSI)	Carga (KN)
S/M	4800	67,2
Mortero + Fibra	5000	70,0

5.4. Ensayo de Resistencia a Compresión Diagonal

Para este ensayo, se debe ubicar el espécimen de prueba en forma de rombo dentro del pórtico, sobre bases rectangulares de acero, donde se asientan las puntas de la pared. Como indican las fotos a continuación.



Foto 32. Preparación de la pared



Foto 33. Graduación del gato hidráulico

5.4.1. Ejecución del Ensayo

Para la ejecución de este ensayo, se le aplicaron ciclos de carga de 1,4 KN hasta que el elemento falle. Se ensayaron dos paredes, una con contenido de solo mortero y la otra con mortero más fibra de acero.



Foto 34. Falla en la punta superior, pared de mortero + fibra ensayo a compresión diagonal

5.4.2. Resultados de los Ensayos

Tabla 11. Ensayos a los 28 días

Especímenes de Prueba	Carga (PSI)	Carga (KN)
S/M	6000	84,0
Mortero + Fibra	6500	91,0

CAPÍTULO VI

**Comparación de Resultados entre
las paredes con bloques de cemento
y bloques de arcilla reforzadas con
fibras de acero**

6. Comparación de Resultados entre las paredes con bloques de cemento y bloques de arcilla reforzadas con fibras de acero

Para determinar las condiciones y características de los materiales utilizados en el presente Trabajo de Grado, es necesario comparar los resultados presentados en el capítulo anterior y compararlos con la monografía que se está llevando a cabo simultáneamente, “Estudio Comparativo del Comportamiento Estructural de Paredes de Mampostería con Bloques de Arcilla Reforzadas con Fibras de Acero”.

6.1. Resultados de los Ensayos a Corte de las Paredes construidas con Bloques de Arcilla

Tabla 12. Ensayos a los 28 días

Especímenes de Prueba	Carga (PSI)	Carga (KN)
S/M	5300	74,2
Mortero + Fibra	5400	75,6

Resultados Recuperado de: Solórzano Vásquez, Andrés (2013). Trabajo de Grado, Estudio Comparativo del Comportamiento Estructural de Paredes de Mampostería con Bloques de Arcilla Reforzadas con Fibras de Acero. Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil

6.1.1. Resultados de los Ensayos a Corte de las Paredes construidas con Bloques de Cemento

Tabla 10. Ensayos a los 28 días

Especímenes de Prueba	Carga (PSI)	Carga (KN)
S/M	4800	67,2
Mortero + Fibra	5000	70,0

6.1.2. Comparación de Resultados de los Ensayos a Corte entre las Paredes con Bloques de Arcilla y Bloques de Cemento

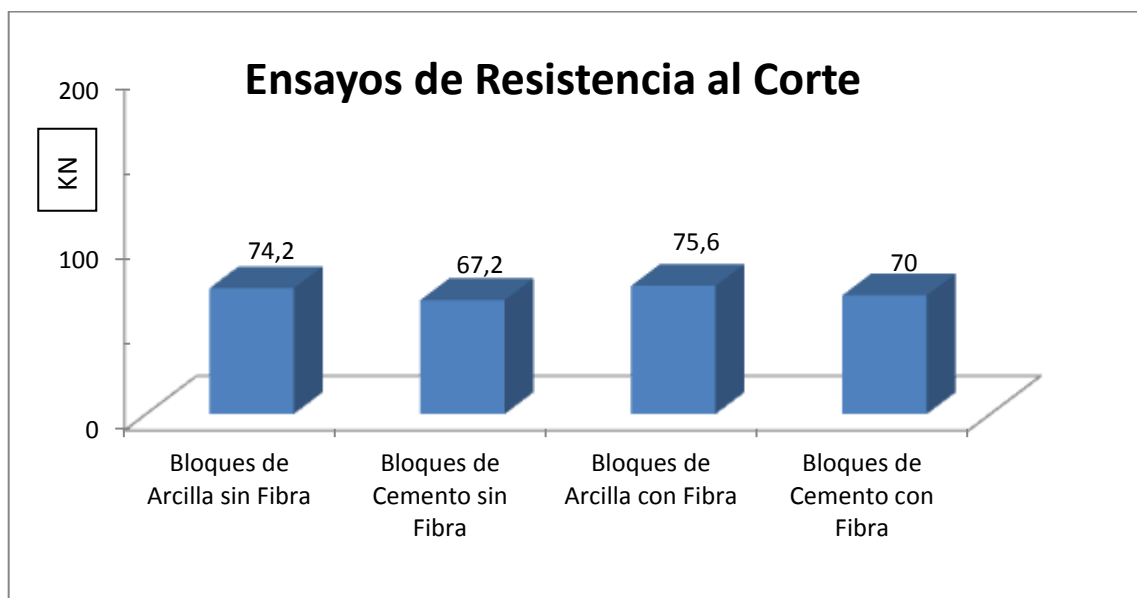


Figura 6.1. Cuadro Comparativo entre los Resultados de los Ensayos a Corte

6.2. Resultados de los Ensayos a Compresión Diagonal de las Paredes construidas con Bloques de Arcilla

Tabla 13. Ensayos a los 28 días

Especímenes de Prueba	Carga (PSI)	Carga (KN)
S/M	5000	70,0
Mortero + Fibra	6500	91,0

Resultados Recuperado de: Solórzano Vásquez, Andrés (2013). Trabajo de Grado, Estudio Comparativo del Comportamiento Estructural de Paredes de Mampostería con Bloques de Arcilla Reforzadas con Fibras de Acero. Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil

6.2.1. Resultados de los Ensayos a Compresión Diagonal de las Paredes construidas con Bloques de Cemento

Tabla 11. Ensayos a los 28 días

Especímenes de Prueba	Carga (PSI)	Carga (PSI)
S/M	6000	84,0
Mortero + Fibra	6500	91,0

6.2.2. Comparación de Resultados de los Ensayos a Compresión Diagonal entre las Paredes con Bloques de Arcilla y Bloques de Cemento

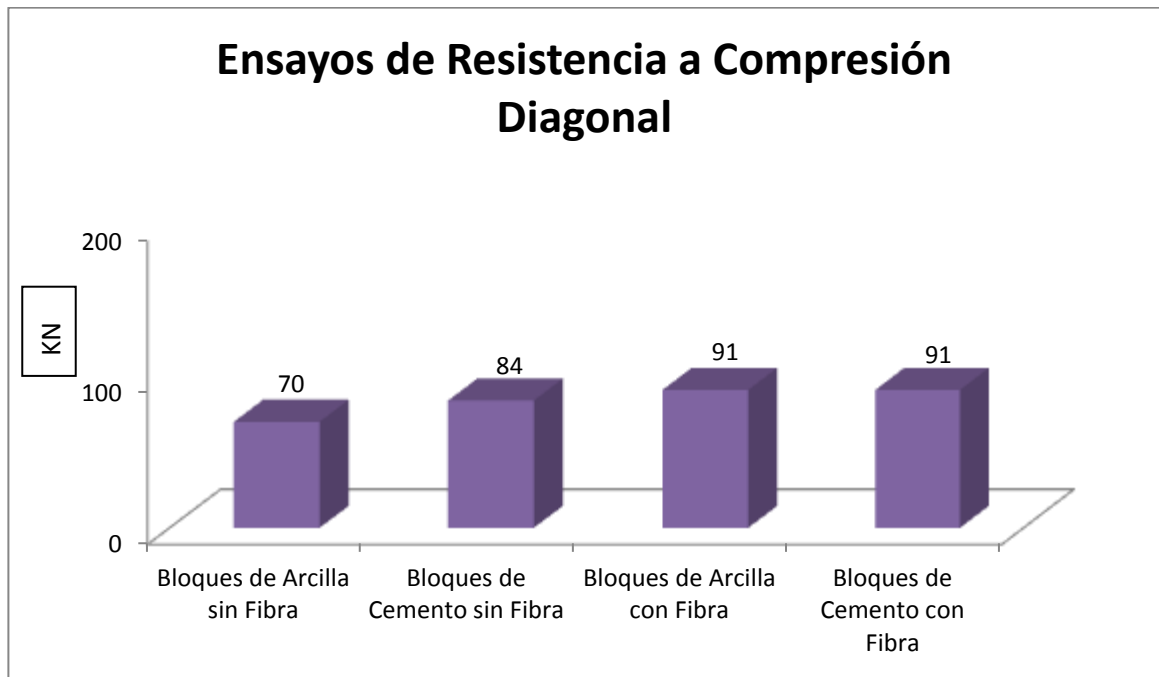


Figura 6.2. Cuadro Comparativo entre los Resultados de los Ensayos a Compresión Diagonal

Conclusiones

Conclusiones

El objetivo de la presente Monografía es demostrar, si la utilización de fibras de acero en la mezcla del mortero, es un producto óptimo para ser considerado en sistemas de mampostería estructural y no estructural.

Luego de haber realizado los ensayos de flexión, corte y compresión diagonal, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Para la construcción de las paredes se utilizó una dosificación de 1500.00 gr de fibras/saco de cemento, demostrando que se necesita solo una proporción del 8,7% de la mezcla del mortero. Exponiendo que no representa mucho en los costos de construcción de una pared.
- Se pudo apreciar durante la fabricación de las paredes, que las fibras de acero, brindan una buena trabajabilidad al incorporarse a la mezcla, con lo que su uso ayuda mucho al momento de enlucir, ya que posee una gran capacidad de adherencia y manejabilidad.
- Al realizar el ensayo a flexión, los resultados determinaron que las probetas de prueba de mortero sin fibras son más resistentes que las que contienen las fibras de acero, pero el beneficio que se obtiene es que se hace un material más dúctil y evita que las probetas de prueba al momento de fallar se resquebrajen, brindando mayor tenacidad al elemento y control de las fisuras.
- En el ensayo a corte, se consiguió una mayor resistencia por parte de las paredes de mortero con fibras de acero con un incremento de 4%.
- En cuanto al ensayo de compresión diagonal, dio como resultado que las paredes de mortero con fibra resistieron un 8% más que las construidas

solo con mortero. Las fisuras se presentaron de forma leve por la punta superior de la pared, donde se asentaba con la base de acero. En cambio la pared de solo mortero falló con una fisura que se manifestó desde la punta superior hasta aproximadamente el centro.

- Comparando los resultados obtenidos de los ensayos de corte y compresión diagonal con el Trabajo de Grado del egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Andrés Solórzano Vásquez, en el que se construyeron las paredes con bloques de arcilla y reforzadas con la misma fibra, se obtuvo que poseen una mayor resistencia al corte y una similar resistencia a la compresión diagonal.
- Una vez estudiado a fondo la implementación de fibras de acero en la mezcla del hormigón como mortero y enlucido para la construcción de elementos de mampostería, se determina como un material dúctil, ajustable para sobrellevar acciones dinámicas, ya que evita el desmoramiento de los elementos, como se observó durante el desarrollo de los ensayos.
- Es un producto recomendable debido a que es fácil de aplicar y en cierta medida elimina el armado tradicional, reduciendo costos de mano de obra y por su bajo costo en el mercado.

ANEXOS

ANEXO A

Designación ASTM C-348-97

**Método a Flexión de Morteros de
Cemento-Hidráulico**

ANEXO A

Designación ASTM C-348-97

Método a Flexión de Morteros de Cemento-Hidráulico

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación del esfuerzo a flexión de morteros de cemento-hidráulico. Los valores declarados en unidades SI son contemplados en la norma.

Valores en unidades SI se obtendrán por mediciones en unidades del sistema internacional o por conversión apropiada, usando las reglas de conversión y redondeo dados por la norma IEEE/ASTM SI 10, de medidas hechas en otras unidades.

Esta norma no pretende cubrir todas de las preocupaciones concernientes a la seguridad ni cualquier otra, asociada con su uso. Es de responsabilidad del usuario de esta norma establecer la seguridad apropiada.

Resumen del Método de ensayo

El mortero de la prueba usado consta de una parte de cemento y 2,75 partes de arena por unidad de masa. El volumen del agua para cementos Portland son mezclados con los ratios agua-cemento especificados. Los prismas de la prueba, de 40 por 40 por 160 mm son moldeados por [tamping] en dos capas. Se curan un día en los moldes y desmoldados al día siguiente para su curado.

Importancia y uso

Este método de ensayo proporciona un medio para determinar la fuerza de flexión de morteros del cemento-hidráulico. Las porciones de los testigos del

mortero probados a flexión por este método son usados para la determinación de fuerza de compresión de acuerdo con Método de ensayo C 349.

Aparato

Pesos, aparatos de pesado y graduaciones de vidrio, conformarán las secciones del Aparato según el Método de ensayo C 109/ C 109M.

Mezclador, recipiente y paleta, un mezclador mecánico eléctricamente manejado del tipo con paleta y recipiente de mezclado, como está especificado en la sección del aparato del ensayo C 305.

Moldes de los Especímenes

Los moldes de los testigos serán de 40 por 40 por 160 mm estarán diseñados de tres en tres en un mismo molde y se diseñarán de tal manera que se amoldarán con sus ejes longitudinales en una posición horizontal. Se harán los moldes de un metal duro, que no sea atacado por el mortero de cemento, y con una dureza Rockwell de no menos de HRB 55.

Las partes de los moldes serán marcadas por juegos y, cuando sean ensambladas, estará firmemente ajustadas y seguramente sostenidas juntas.

Los lados de los moldes estarán lo suficientemente rígidos para prevenir derrames o alabeos. Las caras del interior de los moldes deberán ser superficies completamente planas con una variación permisible, en cualquier línea de superficie de 50 mm, de 0,3 mm para moldes nuevos y 0,05 mm para moldes usados. La distancia entre lados opuestos será $40 \pm 0,13$ mm para moldes nuevos y $40 \pm 0,3$ mm para moldes usados. La altura de los moldes será 40 mm con variaciones permisibles de +0,25 y -0,15 mm para moldes nuevos, y +0,25 y -0,40 mm para moldes usados. La longitud interior de los moldes estará

entre $160 \pm 2,5$ mm. El ángulo entre caras interiores adyacentes y los planos superiores e inferiores del molde estarán entre $90 \pm 0,5$, medidos a puntos un poco alejado de las intersecciones de las caras. La placa de la base será de aproximadamente 10 mm de espesor con una superficie plana de 200 por 180 mm con una variación permisible en cualquier línea de superficie de 50 mm de 0,03 mm.

La espátula se hará de un material no absorbente, no abrasivo, tal como un compuesto de caucho con una dureza de 80 ± 10 o hecho de madera de roble dando la propiedad no absorbente mediante la inmersión durante 15 min. en parafina a aproximadamente 200°C (392°F). La cara de la espátula será de 22 por 85 mm.

La espátula se diseñará siguiendo la guía de la espátula y se hará de metal con una dureza Rockwell de no menos que HRB 55 que no sea atacada por el mortero de cemento.

Se usará el método del punto central de carga en la realización de las pruebas de flexión de los testigos. El aparato usado se diseñará de tal manera que las fuerzas aplicadas al espécimen serán solo verticales y aplicadas sin excentricidad.

Un aparato que logra este propósito, y que es usado en pruebas de compresión es mostrado en la parte inferior. El aparato para realizar pruebas de flexión en testigos de mortero se diseñará tratando de incorporar los principios siguientes:

La distancia entre apoyos y puntos de aplicación de la carga quedarán constante.

La carga normal se aplicará a la superficie cargada del espécimen de tal manera que evite toda la excentricidad de carga.

La dirección de las reacciones debe ser paralela a la dirección de la carga aplicada durante la prueba.

La carga debe ser aplicada a una frecuencia uniforme para evitar una ruptura repentina.

La máquina para realizar pruebas de compresión usada como el aparato para realizar pruebas de flexión, del tipo hidráulico conforme a los requisitos mostrados en Método de Pruebas ASTM C 109/ C 109M.

Materiales

Arena normal graduada:

La arena usada para realizar los testigos de prueba será arena silicia natural, conforme con la especificación ASTM C 778.

Número de especímenes

Tres o más testigos podrán ser elaborados para cada periodo de prueba.

Procedimiento

El proporcionamiento, consistencia, y mezcla del mortero normal estará de acuerdo con la Sección del Procedimiento de Método de la **Prueba ASTM C 109**.

Se determinará la fluidez de acuerdo con Método de la **Prueba ASTM C 109**.

Inmediatamente luego de la realización de la prueba de fluidez, retornar el mortero de la mesa flujo al recipiente de mezclado. Rápidamente comenzar a introducir la espátula abajo del lote del mortero y remover cualquier residuo que estuviera en los lados del recipiente de mezclado y entonces mezclar nuevamente el lote entero 15 s a velocidad media.

Cuando una parada doble se hace inmediatamente para especímenes adicionales, la prueba de fluidez se omite y el mortero se puede quedar en el recipiente de mezcla por 90 s sin cubrir.

Empezar a moldear los testigos dentro de un lapso total de tiempo de no más de 2 min. y 30 s después de la realización de la mezcla de la parada del mortero.

Uniformemente distribuir una capa de mortero aproximadamente de 20 mm de espesor en cada uno de los tres moldes con la espátula. Entonces se compacta la mezcla de mortero en cada molde con doce golpes de la espátula, aplicado en tres rondas de cuatro golpes cada una, se debe completar los doce golpes en aproximadamente 15 sg. Para cada golpe sostener la espátula en posición horizontal 25 mm sobre el nivel del mortero y entonces empujar directamente con fuerza suficiente para sacar fuera una cantidad pequeña de mortero bajo la superficie de la espátula. Llenar los moldes con mortero distribuyendo uniformemente y compactar en la misma manera como la capa del fondo. Entonces quite el exceso de mortero sobre los moldes a lo largo de toda longitud de ellos, luego de esto dejar reposar los testigos para su posterior desmoldamiento.

Almacenar los especímenes de la prueba de acuerdo con Método de la Prueba C 109/ C109M.

Determinación del esfuerzo a flexión

Probar los especímenes inmediatamente después de ser retirados del gabinete húmedo en el caso de especímenes de 24 h.

Almacenar en agua en el caso de todo otros especímenes. Todos los especímenes de prueba designados para determinado tiempo de curado se romperán dentro de la tolerancia permisible detonada abajo:

Tabla 14. Tolerancia admisible para la determinación del esfuerzo a flexión

Edad de la prueba	Tolerancia permisible (h)
24 horas	+ - 12
3 días	+ - 1
7 días	+ - 3
28 días	+ - 12

Limpiar cada testigo a una condición de superficialmente seco, y quitar cualquier grano de arena sueltos o incrustaciones en las caras que estarán en contacto con las superficies de la presión de los puntos de apoyo y aplicación de la carga. Chequee estas caras, si hay una curvatura apreciable, se deben allanar las superficies o desechar el espécimen.

Centrar el pedestal en la placa de la base de la máquina directamente abajo del centro de la cabeza esférica superior y poner la placa de presión. Ate el aparato del centro-carga a la cabeza esférica. Vuelva el espécimen en su lado con respecto a su posición como en el molde y posicionarlo en los apoyos del aparato de ensayos. La línea del centro longitudinal del espécimen estará directamente sobre el punto medio de ambos apoyos. Ajuste el aparato de carga de manera que su borde de la presión este precisamente a ángulos rectos de la longitud del prisma y paralelos a su cara superior. Tenga cuidado en asegurarse de que el contacto entre el espécimen y el borde de carga sea continuo cuando la carga sea aplicada. Aplique la carga a razón de 2640 \pm 110 N (600 \pm 25lbf / min.) que deberá ser indicada dentro de una exactitud de \pm 1% en un dial graduó con incrementos de no más de 44 N (10 lbf). Estimar el máximo de carga total cerca de 22 N (5lbf).

Cálculo

Registrar el máximo de carga total indicada por la máquina de ensayos y calcular el esfuerzo de flexión (por el tamaño del particular de espécimen y condiciones de prueba descritas aquí) en Mpa como sigue:

$$S= 0,0028 P$$

Dónde:

S= esfuerzo a flexión, Mpa

P= carga total máxima, N

Especímenes Defectuosos y Retest

Especímenes de prueba que son obviamente defectuosos o que por el resultado de sus esfuerzos difieren por más de 10% del valor del promedio de todos los especímenes de la prueba hechos de la misma muestra y probados en un mismo período no se considerará para determinar el esfuerzo a flexión. Si después de desechar especímenes o valores de esfuerzos, si quedarán menos de dos valores para determinar el esfuerzo a flexión en cualquier período dado se hará retest.

Precisión

Las declaraciones de la precisión siguientes son aplicables cuando un resultado de la prueba es el promedio del esfuerzo a flexión de por lo menos tres testigos moldeados de una sola parada de mortero y ensayados al mismo tiempo de curado. Esto es aplicable a morteros realizados con cemento tipo, I, IA, IS, III probados a 3, 7, o 28 días.

Precisión de varios laboratorios

El coeficiente de variación se ha encontrado estar alrededor de 8,4%. Por consiguiente, los resultados de una sola parada ensayados por dos laboratorios diferentes no deben diferir por más de 23,8% de su promedio.

Precisión de un solo laboratorio

El coeficiente de variación de un solo laboratorio se encuentra por 5,1%. Por consiguiente, los resultados de dos paradas de mortero hechas con los mismos materiales o en el mismo día o dentro de la misma semana no deben diferir el uno del otro por más de 14,4% de su promedio.

ANEXO B

Designación ASTM – C13114-01

**Prueba Estándar para la
Determinación del Esfuerzo a la
Compresión de Prismas de
Mampostería**

ANEXO B

Designación ASTM – C13114-01:

Prueba Estándar para la Determinación del Esfuerzo a la Compresión de Prismas de Mampostería

Alcance

Esta prueba cubre procedimientos de construcción y ensayos de prismas de mampostería y procedimientos para determinar el esfuerzo de compresión, y determinar relaciones con el esfuerzo de compresión específico. En vista de que este test se usa con propósitos de investigación la construcción y procedimientos de la prueba dentro de los límites sirve como una pauta y proporciona parámetros de control.

Construcción de Prismas de Albañilería

Estructurar un juego de prismas por cada combinación de materiales y cada edad de la prueba a la que la fuerza de compresión será aplicada, los bloques utilizados en la elaboración de los prismas de mampostería deberán ser representativos de los que se van a usar en edificaciones.

Construya los prismas en una base nivelada. Construya los prismas en un sitio donde quedarían sin ser movidos hasta que sean transportadas para su ensayo.

Estructuración de los Prismas

Se debe orientar las unidades en el prisma como en la construcción correspondiente. Al tiempo de la elaboración del prisma, las superficies de las unidades deben estar libres de humedad.

La longitud de los prismas de mampostería puede ser reducida a una unidad individual por medio de un corte de las unidades antes de la elaboración del prisma de mampostería. La longitud mínima de prisma será 4 in o 100mm.

Se deben elaborar los prismas de mampostería con camas de mortero llenas.

Este prisma de mampostería se debe elaborar con un mortero similar analizado en construcciones. Usualmente el espesor de la junta del mortero y el método de posicionamiento y alineación de las unidades, deben ser el mismo utilizado en construcciones. Del mismo modo se deben eliminar los excesos en las juntas del mortero así como las de los costados de los prismas puesto que podrían influir en los resultados.

Se debe elaborar los prismas con un mínimo de dos unidades de alto y una relación altura – espesor, h_p/t_p , entre 1,3 y 5,0. Donde h_p representa la altura del prisma y t_p la dimensión lateral del mismo.

Inmediatamente luego de la construcción de los prismas de mampostería, cerrar la bolsa para mantener la humedad constante alrededor del prisma.

Prismas Llenos de Mortero

Donde la construcción correspondiente a ser llenos de mortero, la lechada de los prismas debe ser realizada no antes de 24 horas ni más de 48 horas precedidas a la elaboración de los prismas de mampostería. Se debe utilizar una lechada representativa de la lechada usada en las construcciones correspondientes. Antes de poner la lechada, se quitará las gotas del mortero de la lechada de espaciamiento. Grouted prismas no contendrán refuerzo.

Transporte de los Prismas de Mampostería

Antes de transportar los prismas de mampostería, se debe atar cada prisma para prevenir daños durante la manipulación y transporte. Se deben asegurar

los prismas de mampostería para prevenir efectos desagradables, daños, o ladeados de la cima durante su transporte.

Curado

Después de las 48 horas iniciales de curado, se debe mantener los prismas de mampostería en un área con una temperatura de $75 \pm 15^{\circ}\text{F}$ ($24 \pm 8^{\circ}\text{C}$).

Los prismas de mampostería se deberán probar a una edad de 28 días o a diferentes edades designadas con anticipación a la prueba y se deberá ensayar un juego de prismas de mampostería para cada edad. La edad de los prismas será considerada desde su elaboración en los prismas de mampostería vacíos, y desde el día de la inclusión de la lechada para las unidades de mampostería rellenas de mortero.

Preparación para el Ensayo

Para la medición de los prismas de mampostería se mide la longitud, altura y ancho a los bordes de la cima y caras del fondo de los prismas con una exactitud de 0,05 in o 1,3 mm. Para determinar la longitud y ancho se deberán tomar cuatro lecturas de cada dimensión y promediar las cuatro medidas tomadas, el valor a obtener será el considerado para los cálculos a realizar.

Procedimiento de Ensayo

Aparato de Ensayo

La máquina de ensayos tendrá una exactitud de más o menos 1,0% encima del rango de carga. El plato superior deberá estar sobre un asiento esférico de metal firmemente ligado al centro de la cabeza superior de la máquina. El centro de la esfera quedará al centro de la superficie sostenida en su asiento esférico pero será libre de moverse en cualquier dirección, y su perímetro

tendrá por lo menos $\frac{1}{4}$ in. (6,3 mm) para poder acomodar los especímenes cuyas superficies no estén en paralelo.

Para instalar el prisma de mampostería en la máquina de prueba hay que limpiar las caras de los platos de presión, y el espécimen de prueba. Luego se debe posicionar el espécimen de la prueba en el plato de presión inferior. Alinear ambos ejes centroidales del espécimen con el eje central de la máquina de compresión. Como el plato superior es regulable se debe acomodar el plato superior para que asiente gentilmente sobre la parte superior del prisma de mampostería hasta lograr un asiento uniforme de este plato sobre el espécimen.

La aplicación de la carga al prisma debe ser estimada como la mitad de la carga esperada a una velocidad conveniente. Aplique la carga restante a una frecuencia uniforme en no menos que 1 min ni más de 2 min.

Describe el tipo de falla como sea posible ilustrarla, luego se determinan los modelos de falla y se realiza un boceto u se obtiene una fotografía. Se nota el tipo de falla ocurrida en los lados y en la parte inferior de los prismas de mampostería antes de obtener la falla para luego identificarlos.

Cálculo de Resultados de las Pruebas

Se toma el área de la sección neta de los prismas de mampostería sin relleno así como el área neta de las unidades de mampostería (bloques).

Calcular cada fuerza del prisma de mampostería dividiendo la fuerza máxima de compresión de cada prisma para el área neta de la sección de ese prisma y expresar el resultado de lo más cercano a 10 psi (69 KPa).

Se deben calcular por separados los dos juegos de prismas de mampostería, los que no están rellenos y los que sí tienen relleno.

Fuerza de Compresión de Mampostería

Se debe calcular el radio h_p/t_p proporcionado por cada prisma usando la altura y por lo menos una dimensión lateral de ese prisma. Luego se determina el factor de corrección de la tabla. Si el radio proporcionado por los prismas se encuentra entre los valores de la tabla, determinar el factor de corrección correspondiente por interpolación lineal entre los valores dados.

Multiplicar la fuerza obtenida en el ensayo del prisma de mampostería por el factor de corrección del prisma respectivo.

Calcular la fuerza de compresión del prisma de mampostería (fmt) para cada grupo de prismas de mampostería y promediar los valores obtenidos.

ANEXO C

Designación ASTM C 72-98

**Método de la Prueba Standard para
Test de Conducción de Esfuerzos
para Paneles Utilizados en la
Construcción de Edificios**

ANEXO C

Designación ASTM C 72-98

Método de la Prueba Standard para Test de Conducción de Esfuerzos para Paneles Utilizados en la Construcción de Edificios

Carga Terrible

Evaluación de materiales de la parte exterior en un marco de madera normal

Alcance

Este método de la prueba mide la resistencia de tableros, teniendo un marco de madera normal, con materiales tales como tabla estructural aislante, contrachapando, yeso, tableros, etc., a una carga terrible tal como se impondría por vientos sobre una pared orientada a 90° del tablero. Se piensa proporcionar un procedimiento fiable, uniforme para determinar la resistencia a carga terrible provista por esos materiales como normalmente son empleados en la construcción de un edificio. Desde que se emplea un marco normal, la ejecución relativa de la parte exterior es el objetivo de la prueba.

Se conduce esta prueba con ideas regularizadas, procedimientos de carga y métodos para medir deflexión, tanto como los detalles para asegurar su reproducción real en el marco. Se le adicionan las recomendaciones de los fabricantes de la parte exterior para atar la parte exterior del marco y para informar el comportamiento del espécimen encima de su rango entero de uso.

En la aplicación de los resultados, se tomará en cuenta cualquier variación en la construcción y concesión debidamente detallada o condiciones de la prueba en servicio real.

Especímenes de Prueba

Tamaño y Número

El espécimen de la prueba será construido como debe: 2,4 por 2,4 (8ft por 8ft) y se construirá el marco y un mínimo de tres tableros de cada construcción se probará. Es la intención de este procedimiento y de la prueba evaluar el efecto de endurecimiento del material de la parte exterior; por consiguiente, se construirá tan cercanamente como sea posible. Se construirán nuevos marcos para cada test. Todos los miembros del marco estarán entre 12% y 15% y no variará más del 3% del volumen de la humedad inicial cuando se prueba el tablero.

Aplicación del Espécimen del Ensayo

El método de aplicar el forro exterior será precisamente como especificó el fabricante. Se recomendará el espacio de broches. Se manejarán broches para el forro exterior sólo fuera del montante de cada esquina. La importancia de la atadura de forro exterior al marco no puede ser sobreestimada. Diferencias de los bordes, producen ángulos entre el broche y el forro exterior produciendo efectos apreciables en los resultados de prueba. A menos que por otra parte, se manejen broches perpendiculares a la superficie del forro exterior con el centro de cada broche especificando la distancia del borde del forro exterior.

Aparato

El aparato deberá ser ensamblado. Se medirá la carga por medio de una máquina de comprobación, o un dinamómetro atado a cables que cargan el espécimen, o en unión con una gata hidráulica usada para aplicar la carga. Las paredes esenciales del aparato de comprobación exclusivo del marco de la carga, se describe de la siguiente manera.

Base y Marco de Carga

El panel de prueba se atará a una madera o plato del acero que está atado rígidamente a la base del marco de carga en tal manera que cuando se atormenta el tablero, el forro exterior no dará en el marco de carga. Este miembro estaría de cualquier sección convenientemente cruzada, pero estará por lo menos tan largo como el tablero y no más grande en anchura que el espesor del marco 89 mm (3 ½ in). Se proporcionarán medios para atar la parte inferior del tablero firmemente a este miembro.

Sostenimiento Abajo

Un sostenimiento abajo se proporcionará para superar la tendencia a levantarse un extremo del tablero para superar la tendencia a levantarse un extremo del tablero cuando se aplica la carga. Se proporcionarán platos y rodillos entre el espécimen de la prueba y el sostenimiento debajo de manera que la cima del espécimen se puede deslizar horizontalmente con respecto a la base sin interferencia innecesaria del sostenimiento abajo porque la cantidad de tensión en los rodamientos del sostenimiento abajo tienen un efecto en los resultados de la prueba.

Carga del Aparato

La carga debe ser aplicada al espécimen en un incremento de 89 por 89 mm (3,5 por 3,5 in) firmemente hecha a los platos superiores del tablero. La carga será una fuerza de compresión contra el final de la madera atada al plato superior. Cuando se usa una máquina de prueba, se pueden usar poleas; cables y poleas se usan para transmitir el movimiento vertical de la tensión de la máquina al movimiento horizontal del espécimen.

Las guías laterales se proporcionarán de manera que el espécimen se deforma en un plano. Los rodillos deben servir para reducir la fricción al mínimo. Las

guías laterales se atarán firmemente al marco de la carga. Los platos para los rodillos serían de hasta 300 mm (12 in) en longitud.

Deformímetros

Se proporcionarán para medir el desplazamiento de las partes diferentes del tablero durante la prueba. Se grabarán las lecturas al menos de 0,25 mm (0,01 in), se mostrarán las ubicaciones de los deformímetros tanto en la parte inferior izquierda como inferior derecha y en las esquinas superiores. El deformímetro inferior izquierdo, que se ata al montante, medirá cualquier rotación del tablero, el deformímetro inferior derecho cualquier deslizamiento del tablero, y el deformímetro superior derecho superiores el total de los otros dos más la deformación del tablero. Por consiguiente, la deflexión horizontal del tablero a cualquier carga es la lectura el dial derecho superior menos la suma de las lecturas de otro dos.

Procedimiento

Aplicación de Carga

Aplicar la carga continuamente a lo largo de toda la prueba a una velocidad constante del movimiento del aparato cargante usado. La velocidad recomendada para la realización de la prueba deberá ser de tal manera que la carga de 3,5 KN (790 lbf) se completará en no menos de 2 min. La carga de 7,0 a los 10,5 KN (1570 a 2360 lbf) es la carga total y la falla empleará la misma velocidad que la usada anteriormente. Se debe dar la velocidad utilizada en el reporte de la prueba.

Procedimiento de Carga

Cargar los especímenes en tres fases a 3,5; 7,0 y 10,5 KN (790, 1570 y 2360 lbf) a una carga uniforme.

Después de la carga de 3,5 KN (790 lbf) en el espécimen, se debe quitar toda de la carga y cualquier deflexión residual denotada el tablero. Entonces cargar el espécimen a 7,0 KN (1570 lbf) y de nuevo quitar la carga y notar cualquier cambio adicional; después de estar incrementar la carga a 10,5 KN (2360 lbf), y remover la carga de nuevo notando algún cambio en el espécimen. Aplicar la carga continuamente por cada uno de los incrementos de carga especificados, para obtener datos de carga – desviación. Obtenga estos datos por lo menos cada 900 N (200 lbf) de carga. Se debe obtener las deflexiones durante el ciclo de carga y, si se desea, durante el ciclo de la descarga también.

Después de cargar el espécimen como se especificó cargar de nuevo hasta la falla o hasta que la deflexión total del panel sea 100 mm (4 in). Obtenga lecturas de deflexión para los mismos intervalos de carga como se usó por las otras cargas.

Cálculos e Informes

Deformaciones

Para cada deformímetro u otro aparato de medición, calcular el movimiento baja cada carga terrible como la diferencia entre las lecturas cuando se aplica la carga y las lecturas iniciales al inicio de la prueba. Calcule lecturas fijas como la diferencia entre las lecturas cuando se quita la carga y las lecturas iniciales.

Datos de Presentación

Informar deflexiones de 3,5; 7,0 y 10,5 KN (790, 1570 y 2360 lbf) y después de la carga a estas cantidades. Presentar las curvas de carga - deflexión obtenida durante la carga a la falla y a 3,5; 7,0 y 10,5 KN en forma de una gráfica. Incluyendo la carga máxima y cualquier observación presentada en la conducta del panel durante la prueba y falla. Expresar las deflexiones residuales como porcentajes de las deflexiones producidas en milímetros o pulgadas. Si el

espécimen falla, describir el plano de falla visible. Describa en el informe el tipo de forro exterior usado, el método de aplicar el forro exterior, el tipo y espacio de broches, y el método velocidad de carga empleado.

Informe

Mostrar los resultados de cada uno de las pruebas gráficamente, dibujar las cargas como ordenadas y las deformaciones como abscisas para cada test.

Se harán por lo menos tres especímenes por cada prueba, y se mostrarán los resultados por cada prueba en la misma gráfica. Promediar los tres valores para cada deformación y dibujar este promedio a lápiz en la gráfica. Las curvas carga – deformación serán líneas continuas. Aunque no se designa el espécimen particular por cada punto en la gráfica registrarlos en las hojas de los datos del laboratorio. Si se obtienen las lecturas bajo grandes cargas para algunos especímenes que para otros, dibujar todos los valores, pero dibujar las curvas sólo a los valores promedio por lo que hay tres valores.

ANEXO D

Calibración del Sistema Hidráulico

ANEXO D
TABLA 15. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO

FECHA: 06 NOV 2006

SISTEMA: ENERPAC RC 156 / CEINVES

LEIDO	REAL	LEIDO	REAL
psi	kn	psi	kn
0	0	4100	57,4
100	1,4	4200	58,8
200	2,8	4300	60,2
300	4,2	4400	61,6
400	5,6	4500	63
500	7	4600	64,4
600	8,4	4700	65,8
700	9,8	4800	67,2
800	11,2	4900	68,6
900	12,6	5000	70
1000	14	5100	71,4
1100	15,4	5200	72,8
1200	16,8	5300	74,2
1300	18,2	5400	75,6
1400	19,6	5500	77
1500	21	5600	78,4
1600	22,4	5700	79,8
1700	23,8	5800	81,2
1800	25,2	5900	82,6
1900	26,6	6000	84
2000	28	6100	85,4
2100	29,4	6200	86,8
2200	30,8	6300	88,2
2300	32,2	6400	89,6
2400	33,6	6500	91
2500	35	6600	92,4
2600	36,4	6700	93,8
2700	37,8	6800	95,2
2800	39,2	6900	96,6
2900	40,6	7000	98
3000	42	7100	99,4
3100	43,4	7200	100,8
3200	44,8	7300	102,2
3300	46,2	7400	103,6
3400	47,6	7500	105
3500	49	7600	106,4
3600	50,4	7700	107,8
3700	51,8	7800	109,2
3800	53,2	7900	110,6
3900	54,6	8000	112
4000	56	8100	113,4

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Sotomayor, Toro, John. (2012). Trabajo de Grado “Estudio Comparativo del Comportamiento Estructural de Paredes de Mampostería con Bloques de Arcilla Reforzadas con Fibras Artificiales y su Durabilidad”.
- Solórzano, Vásquez, Andrés. (2013). Trabajo de Grado “Estudio Comparativo del Comportamiento Estructural de Paredes de Mampostería con Bloques de Arcilla Reforzadas con Fibras de Acero”.

Metodologías de Ensayos

- **ASTM C-348-97**, Método a Flexión de Morteros de Cemento -Hidráulico
- **ASTM – C13114-01**, Prueba Estándar para la Determinación del Esfuerzo a la Compresión de Prismas de Mampostería
- **ASTM C 72-98**, Método de la Prueba Standard para Test de Conducción de Esfuerzos para Paneles Utilizados en la Construcción de Edificios

Documentos Electrónicos

- Fuente: [1] Facultad de Arquitectura (2002). MORTEROS 1. 2, 3
Recuperado de:
- http://www.google.com.ec/#hl=es&tbo=d&sclient=psyab&q=construccion+1+morteros&oq=construccion+1+morteros&gs_l=hp.3...741.14004.0.14221.55.37.16.2.2.6.1755.14539.213j11j5j3j2j0j1.35.0...0.0...1c.1.CU8Gjs9hmHE&pbx=1&bav=on.2.or.r_gc.r_pw.r_qf.&bvm=bv.1355534169,d.dmQ&fp=219b055c3bfef34d&bpcl=40096503&biw=1280&bih=699&safe=o

- Fuente: [2] ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN. CÓDIGO DE BUENA PRÁCTICA PARA LA EJECUCIÓN DE FÁBRICAS CON BLOQUES Y MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN. Álvarez, Jesús. 14 Recuperado de: http://www.forte.es/documentos/17/CodBuen_Forte.pdf
- Fuente: [4] y [7] [Instituto Colombiano de Productores de Cemento. Herrera, Angélica; Madrid, Germán. Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. 23, 28, 29 Recuperado de: http://santafeart.com/personal/Miguel%20gomez%20valencia/MANUAL%20ICPC%20-%20MAMPOSTERIA.pdf](#)
- Fuente: [5] Facultad de Ingeniería Civil. UNIVERIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. Arrieta, Javier; Peñaherrera, Enrique; Lima-Perú. (2001). 14 Recuperado: <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/proy8.pdf>

Páginas Electrónicas

- Fuente: [3] Recuperado de: http://www.gcc.com/opencms/opencms/portal/esp/productos_servicios/bloques_de_concreto/
- Fuente: [6] Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/109549614/Bloques-de-Concreto>
- Fuente: Tabla 2 Recuperado de: http://disensa.com/main/images/pdf/bloques_livianos.pdf

- <http://www.bjconstrucciones.com/BJ-Construccion-Quito/datos-tecnicos.html>
- http://bricolaje.facilísimo.com/reportajes/herramientas-y-materiales/el-mortero-en-albanileria_183374.html
- <http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/dosificacion-de-morteros.html>
- www.afam.es/funciones/bajarfile.asp?id_registro=0000000403
- <http://www.misrespuestas.com/que-es-el-mortero.html>