



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ESTRUCTURAL
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FRENTE A CARGAS
LATERALES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES UTILIZADOS EN
MAMPOSTERÍA CONFINADA, MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR FIBRAS COMERCIALES.**

Tutor: Prof. Fernando Villalobos

Elaborado por:
Edson Martínez O.

Valencia, Mayo de 2013.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ESTRUCTURAL



**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FRENTE A CARGAS
LATERALES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES UTILIZADOS EN
MAMPOSTERÍA CONFINADA, MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR FIBRAS COMERCIALES.**

Trabajo de Ascenso presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo para optar a
la categoría de profesor Asistente

Tutor: Prof. Fernando Villalobos

Elaborado por:
Edson Martínez O

Valencia, Mayo de 2013.

INDICE

INDICE	iv
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICOS	vii
RESUMEN.....	viii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	3
EL PROBLEMA.....	3
Planteamiento del Problema.....	3
Objetivos de la investigación	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos:.....	5
Justificación	5
CAPITULO II	8
MARCO TEORICO.....	8
Antecedentes de la Investigación	8
Bases Teóricas.....	9
Mampostería.....	9
Mampostería simple o no confinada:	10
Mampostería Confinada.....	11
Mampostería reforzada.....	13
Comportamiento de la mampostería confinada bajo accion sísmica	14
Problemas más comunes presentados en los elementos confinantes	15
Concreto reforzado con fibras.....	15
Clasificación de fibras más comunes utilizadas en la construcción.....	16
CAPITULO III.....	20
MARCO METODOLÓGICO	20
Tipo de Investigación.....	20
Diseño de Investigación	21
Fases de la Investigación.....	21

Procedimiento Metodológico	22
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	30
Análisis de Datos	30
CAPITULO IV	31
PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS	31
Ensayos preliminares	31
Ensayos de Carga Lateral Alternante	33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
BIBLIOGRAFÍA	43

LISTA DE TABLAS

Tabla		Pág.
1	Solicitaciones para diseño de elementos de banco de prueba	26
2	Resultados de ensayo a compresión de cilindros	31
3	Resultados del ensayo de tracción por flexión en viguetas	31
4	Valores de cargas y desplazamientos máximos	37
5	Incremento de carga máxima respecto a la obtenida para el modelo patrón	39
6	Incremento de desplazamiento último respecto al obtenido para el modelo patrón	40

LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Figura		Pág.
1	Muro de mampostería constituída por ladrillos de adobe.	10
2	Trabe de Muros de mampostería no confinada	11
3	Componentes de un muro de mampostería confinada	12
4	Construcción de muro de mampostería confinada típico	13
5	Construcción de Muro de mampostería reforzada	13
6	Microfibra de polipropileno	18
7	Diferentes tipos de macrofibras	19
8	Especimen tipo para ensayo de carga alternante, dimensiones en mm	24
9	Detallado típico de la armadura de refuerzo	25
10	Montaje de ensayos utilizado	27
11	Sujección de espécimen a viga de banco	27
12	Corona de planchas en ala superior	28
13	Celda de presión típica ubicada en uno de los gatos hidráulicos	28
14	Ubicación de Transductores de desplazamiento LVDT	29
15	Diagrama de histéresis Modelo patrón	34
16	Diagrama de histéresis Modelo 1	34
17	Diagrama de histéresis Modelo 2	35
18	Diagrama de histéresis Modelo 3	35
19	Diagrama de histéresis Modelo 4	36
20	Diagrama de histéresis Modelo 5	36
21	Valores de carga máxima	37
22	Valores de desplazamientos correspondientes a la carga máxima	38
23	Valores de carga correspondiente al desplazamiento último	38
24	Valores de desplazamiento último	39

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FRENTE A CARGAS LATERALES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES UTILIZADOS EN MAMPOSTERÍA CONFINADA, MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO POR FIBRAS COMERCIALES.

Autor: Prof. Edson Martínez O

Tutor: Prof. Fernando Villalobos

Mayo 2013

RESUMEN

En la industria de la construcción es generalizado el uso de elementos estructurales de concreto armado de pequeñas secciones (conocidos popularmente como machones y vigas de corona), dándose el caso muy común de ser utilizados para confinamiento de paredes de mampostería estructural. Sin embargo, tras la ocurrencia de ciertos eventos sísmicos se ha observado una respuesta no apropiada de estos miembros confinantes debido principalmente a fallas tempranas por tracción indirecta. Para contrarrestar esta falla, se han considerado y puesto a prueba mezclas que contengan diferentes gradaciones de agregados, o componentes diferentes al agregado grueso. En este trabajo se plantea la sustitución total del agregado grueso por fibras comerciales, evaluando en primer lugar las de mayor utilización en Venezuela, como son las fibras de polietileno, fibras de polyolefin y fibras metálicas, cuya contribución en la mejora de la resistencia a tracción es conocida y documentada. Esta investigación es de tipo descriptiva, con un diseño experimental, en la cual se estudio el comportamiento bajo cargas laterales de elementos tipo machón, con mezclas en las que se sustituyó el agregado grueso por fibras comerciales, de las cuales se seleccionó la fibra Xorex por tener un mejor desempeño en los ensayos de viguetas sometidas a flexión; luego se procedió a construir los especímenes para ser sometidos a ensayos de carga alternante, asemejando las uniones vigas-columnas, conformados por dos vigas de 15cmx20cm y una columna central con sección de 15cmx15cm, con mezclas en las que se sustituyó el agregado grueso por diferentes porcentajes de fibra añadida, a saber 0.25, 0.5, 0.75, 1 y 2 % del volumen, para conformar junto al modelo patrón seis modelos en total. El ensayo de carga alternante y creciente se realizó mediante control de desplazamientos, con incremento de 1mm en cada dirección. De los resultados obtenidos se pudo deducir que el mejor comportamiento lo presentó el modelo 3, elaborado con mezcla con un porcentaje de fibra añadida igual al 1%, ya que soportó mayor carga lateral, y presentó desplazamiento último mayor que el modelo patrón.

Palabras clave: Mampostería confinada, Fibras, Carga lateral

INTRODUCCIÓN

En la industria de la construcción es generalizada la utilización de elementos estructurales de concreto armado de pequeñas secciones (conocidos popularmente como machones y vigas de corona), dándose el caso muy común de ser utilizados para confinamiento de paredes de mampostería estructural. Sin embargo, tras la ocurrencia de ciertos eventos sísmicos se ha observado una respuesta no apropiada de estos miembros confinantes debido principalmente a fallas tempranas por tracción indirecta, lo que es causado entre otras variables por la falta de elementos básicos para resistir tracción, dado que en muchos casos para tales miembros no se dispone de agregado grueso en el núcleo de concreto debido al tamaño de la sección.

En algunas universidades del país tales como la Universidad Central de Venezuela, a través del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), se viene desarrollando un proyecto de investigación destinado principalmente a ajustar el uso racional de la mampostería estructural, principalmente la mampostería confinada. Es así como se han desarrollado diferentes trabajos de investigación sobre el tema, ya que las fallas presentadas por este tipo de estructuras evidencian un comportamiento similar al ser sometidas a carga axial.

En los elementos confinantes de la mampostería se utilizan mezclas de concreto elaboradas en muchos casos con agregado grueso con un tamaño tal que impide el paso de la mezcla a zonas inferiores de los elementos, particularmente en los machones debido a su pequeña sección transversal, por lo que es común la presencia de cangrejeras que a la larga comprometen el desempeño estructural de los machones, y por consiguiente de los muros.

Para contrarrestar esta falla presente en estos elementos, se han considerado y puesto a prueba mezclas que contengan diferentes gradaciones de agregados, o componentes diferentes al agregado grueso. En este trabajo se plantea la sustitución total del agregado grueso por fibras comerciales, evaluando en primer lugar las de mayor utilización en Venezuela, como son las fibras de polietileno, fibras de polyolefin y fibras metálicas Xorex, que han sido ampliamente estudiadas y utilizadas en algunos elementos de concreto armado como pavimentos y shotcrete, cuya contribución en la mejora de la resistencia a tracción es conocida y documentada.

Una vez seleccionada la fibra a utilizar se diseñará y construirá un banco de pruebas para someter probetas que asemejen los machones utilizados en mampostería confinada, los cuales serán elaborados con mezclas en las que se sustituirá el agregado grueso, por diferentes porcentajes de fibra, y se comparará con el comportamiento de un elemento elaborado con una mezcla patrón que asemeja al modelo tradicional utilizado.

El trabajo se estructura por cuatro (4) capítulos que enmarcan la investigación, desde su etapa inicial hasta la obtención de los resultados experimentales.

En el capítulo I se expone la problemática existente, se formulan las interrogantes que arrojan los objetivos, se justifica y se delimita el alcance de la investigación.

Seguidamente en el capítulo II se presentan trabajos relativos a esta investigación, que sirven como documentación y sientan un precedente en la relevancia que se le ha concedido en los últimos años al estudio del comportamiento de los muros de mampostería confinada, además, se presentan todas las bases teóricas así como conceptos relacionados con el tema.

Posteriormente, el capítulo III describe toda la metodología a emplear definida según el tipo de investigación a realizar, así como las fases de la investigación.

Una vez descrita la metodología, en el capítulo IV se presentan los resultados y el análisis de los mismos.

Finalmente se presentan las conclusiones, las cuales resumen los resultados de cada una de las fases del trabajo, y las recomendaciones

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

En la mayoría de los países de Latinoamérica incluyendo Venezuela, la construcción de edificaciones de mampostería para uso residencial, se inicia con la llegada de los colonizadores al país. En un principio se fabricaron piezas de adobe, con los que se construían los muros que conformaban la estructura de la vivienda, o en algunos casos se construía apilando grandes rocas para edificar principalmente instalaciones militares y religiosas e incluso puentes, que aún hoy en día siguen de pie.

La técnica de construcción de muros con piezas o bloques que pueden ser de diversos materiales se fue tornando de uso bastante común, y se diseminó por todo el país, sin importar la región donde se construyera la edificación. El descubrimiento de nuevos materiales dio origen a que surgieran bloques diferentes a los de adobe, y que fueron sustituyendo a esos bloques rudimentarios elaborados por la propia población, desarrollándose una industria manufacturera de bloques elaborados con arcilla y con mezclas de concreto, y que satisfacen las necesidades en cuanto a material para construir paredes o muros de cerramiento, que en un muchos casos funcionan como muros portantes.

El uso de los muros de mampostería como forma de construcción de viviendas es una costumbre bastante arraigada en el país, y es de gran preferencia entre la población, lo que trae como consecuencia cierto rechazo hacia la utilización de nuevas tecnologías o materiales en algunos aspectos más factibles de un proceso industrializado de la construcción.

Este hecho traído como consecuencia la utilización masiva de estos muros sobre todo en edificaciones de tipo residencial de uno y dos niveles, existiendo evidencia de edificaciones de hasta cinco niveles sobre todo en zonas populares. Dentro de esta técnica se pueden distinguir dos tipos de muros, como lo son la mampostería confinada y la mampostería no confinada, las cuales son utilizadas por la mayoría de la población. Sin

embargo la mayoría de las construcciones elaboradas con muros de mampostería se llevan a cabo sin ningún criterio estructural, y por lo general sin la presencia de un profesional de la ingeniería, por lo que su desempeño estructural es por lo general deficiente.

La ocurrencia de diferentes eventos sísmicos ha evidenciado un comportamiento deficiente de este tipo de muros, motivado principalmente a la excedencia de la capacidad de carga de los elementos componentes. Es importante aclarar que en el caso de los muros de mampostería confinada, al ocurrir la falla de los elementos confinantes (machones y vigas), el muro se comporta como mampostería no confinada. La falla de los elementos confinantes ocurre principalmente a cortante, y es motivada por varios aspectos entre los que se pueden mencionara la baja calidad del concreto, insuficiente colocación del acero de refuerzo transversal, secciones de concreto de dimensiones muy pequeñas, presencia de cangrejeras, entre otros.

En algunas universidades del país tales como la Universidad Central de Venezuela, a través del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), se viene desarrollando un proyecto de investigación destinado principalmente a ajustar el uso racional de la mampostería estructural, principalmente la mampostería confinada. Es así como se han desarrollado diferentes trabajos de investigación sobre el tema, como Castilla en 1990, presentó un estudio completo del comportamiento de muros de mampostería confinada fabricados a escala natural con bloques huecos de arcilla; Carrillo y Molina en 1997 presentan un estudio del comportamiento de muros de mampostería confinada fabricados a media escala con ladrillos macizos de arcilla; Marinilli en 2004 evalúa el efecto del número de elementos verticales, o machones en el comportamiento sismorresistente en muros de mampostería confinada.

En esta investigación se plantea estudiar el comportamiento bajo cargas laterales de elementos tipo machón, sustituyendo el agregado grueso por fibras comerciales, lo cual podría permitir dar algunas recomendaciones de manera de garantizar el comportamiento del elemento de concreto bajo acciones sísmicas con un nuevo diseño de mezcla propuesto.

En base a lo anteriormente expuesto surgen las siguientes interrogantes:

- ¿Qué ventajas se pueden obtener al elaborar una mezcla donde se sustituya el agregado grueso por fibras comerciales en los elementos tipo machón?
- ¿Qué influencia tendrá sobre el desempeño estructural en cuanto a capacidad de deformación y resistencia de los elementos tipo machón el sustituir el agregado grueso por fibras comerciales?

Objetivos de la investigación

Objetivo General

Evaluar el comportamiento contra cargas laterales de los elementos estructurales tipo machones utilizados en mampostería confinada, mediante la sustitución del agregado grueso por fibras comerciales.

Objetivos Específicos:

1. Determinar las propiedades resistentes de la mezcla de concreto en estado endurecido convencional y con fibra añadida.
2. Obtener mediante ensayos la respuesta de elementos tipo machón, de concreto convencional bajo carga lateral alternante.
3. Obtener mediante ensayos la respuesta de elementos tipo machón, elaborados con concreto mejorado con fibras bajo carga lateral alternante.
4. Analizar la influencia de la sustitución del agregado grueso por fibra en la mezcla de concreto, en la respuesta de los elementos ensayados.

Justificación

Gran parte de las viviendas de clase popular en Venezuela son construídas utilizando muros de mampostería confinada como sistema portante. En este tipo de muros el

confinamiento se logra a través del uso de elementos estructurales de concreto armado de pequeñas secciones (conocidos popularmente como machones y vigas de corona). Sin embargo, tras la ocurrencia de ciertos eventos sísmicos se ha observado una respuesta no apropiada de estos miembros confinantes debido principalmente a fallas tempranas por tracción indirecta, lo que es causado entre otras variables por la falta de elementos básicos para resistir tracción, dado que en muchos casos para tales miembros no se dispone de agregado grueso en el núcleo de concreto debido al tamaño de la sección.

Con el fin de aminorar la falla de estos elementos, es conocida la búsqueda e implementación de técnicas de reforzamiento de muros de mampostería confinada, y en algunos casos particulares más específicamente sobre los elementos confinantes, ya que se han llevado a cabo numerosas investigaciones al respecto, con resultados bastante aceptables en lo que se refiere a la mejoría del desempeño de estos elementos frente a cargas laterales. Entre esas técnicas se pueden mencionar el reforzamiento de la mezcla de concreto con fibras de diferentes materiales, así como el revestimiento con mallas electrosoldadas e incluso con fibra de carbón.

En esta investigación se plantea estudiar el comportamiento contra cargas laterales de uno de esos elementos confinantes como lo constituyen los elementos tipo machón, sustituyendo el agregado grueso por fibras comerciales, lo cual podría permitir dar algunas recomendaciones de manera de garantizar el comportamiento del elemento de concreto bajo acciones sísmicas con un nuevo diseño de mezcla propuesto. En este sentido se propone realizar ensayos preliminares para seleccionar la fibra con mejor desempeño, y posteriormente ensayar prototipos que simulen al elemento tipo machón, sometidos a carga alternante, elaborados con diferentes porcentajes de fibra añadida

Alcance y Limitaciones

- La selección de la fibra a utilizar se basó en los resultados obtenidos en los ensayos a compresión de probetas cilíndricas y de tracción indirecta en viguetas

- Los prototipos se construyeron con dimensiones tales que asemejen a los machones y vigas de corona utilizados comúnmente en la construcción de viviendas.
- Para la mezcla patrón se utilizó arcillo como agregado grueso.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

En este capítulo se exponen los principales fundamentos teóricos que sirven de respaldo a este Trabajo de Investigación, los cuales permiten lograr una mejor comprensión de los diferentes conceptos que aquí se manejan.

Antecedentes de la Investigación

Los antecedentes de una investigación, son aquellos estudios que tienen relación con el trabajo q se está realizando y su sustento y guía para la elaboración del mismo. A continuación se enumeran tres trabajos que sirven como antecedentes a este Trabajo de Investigación

Marinilli, A y Castilla, E N, Robert. **“Evaluación del efecto de los elementos confinantes en muros de mampostería sometidos a acciones sísmicas” (2004)** Universidad Central de Venezuela, esta Tesis Doctoral tuvo como objetivo principal el efecto del número de elementos de confinamiento verticales en el comportamiento sismorresistente de muros de mampostería confinada. Con ese fin se construyeron cuatro muros de mampostería confinada a escala natural, constituidos por bloques huecos de concreto y elementos confinantes de concreto reforzado. Dichos muros fueron sometidos a carga vertical constante y a carga lateral alternante y creciente hasta provocar el agotamiento de los elementos ensayados. Los resultados obtenidos reflejaron la influencia del número y espaciamiento de los machones sobre la capacidad resistente de los muros, la degradación de la rigidez lateral, la propagación de las grietas entre otros aspectos. La contribución fundamental a este trabajo radica en bases teóricas y aspectos constructivos de los elementos confinantes.

Mármol, P. **“Hormigones con fibras de acero, características mecánicas” (2010).** Universidad Politécnica de Madrid, este Trabajo tuvo como propósito definir los aspectos

característicos de concreto reforzado con tres tipos de fibras, a saber de vidrio, polipropileno y de acero, realizando una compilación de los ensayos llevados a cabo en diferentes investigaciones previas, así como una comparación entre los resultados obtenidos por los diferentes autores, tratando exclusivamente en este punto las características mecánicas del concreto reforzado con fibras metálicas. De este análisis comparativo se llegó a la conclusión que los concretos con fibras de acero al tener una rotura a flexotracción dúctil aumentan la tenacidad, por otro lado la presencia de fibras mejora el comportamiento de los elementos frente a los esfuerzos cortantes. La contribución principal a esta investigación involucra aspectos metodológicos de los ensayos que deben realizarse para caracterizar los concretos con fibras metálicas, así como aspectos teóricos sobre el comportamiento de este tipo de concreto.

San Bartolomé, A y Quiun, D “**Propuesta normativa para el diseño sísmico de edificaciones de mampostería confinada**” (2010). IMME [online]. 2004, vol.42, n.2, pp. 40-57. ISSN 0376-723X. Se plantea una técnica de diseño estructural basada en criterios de resistencia y desempeño sísmico, aplicable a las edificaciones de mampostería o albañilería confinada de mediana altura (hasta cinco pisos), construidas con ladrillos sólidos. La técnica se encuentra basada en múltiples experimentos realizados en el Perú y otros países, así como en estudios teóricos y en las enseñanzas dejadas por los terremotos pasados que han afectado edificaciones similares. Para la verificación de la propuesta se realizaron ensayos de simulación sísmica en mesa vibradora y ensayos de carga lateral cíclica, comprobando el método de diseño expuesto con éxito en experimentos estáticos y dinámicos realizados en muros de mampostería confinada a escala natural y reducida. Aspectos metodológicos y evaluativos de las probetas constituyen la principal contribución de este trabajo a la presente investigación.

Bases Teóricas

Mampostería

Consiste en la unión de bloques de arcilla o de cemento con un mortero, para conformar paredes que en muchos casos constituyen un sistema portante tipo muro, para resistir cargas gravitacionales y en ocasiones acciones sísmicas o del viento. Su uso como

sistema constructivo para edificaciones es bastante extendido en muchos países europeos, asiáticos y americanos, sobre todo en la construcción de viviendas, tanto en el ámbito rural como urbano. En función de la configuración estructural de las paredes se pueden distinguir dos tipos principales como son muros de Mampostería no confinada y Mampostería confinada.

Mampostería simple o no confinada:

Este tipo de técnica constructiva consiste en la unión de muros conformados únicamente por piezas que pueden estar constituidas por piedras, o bloques, sin ningún tipo de refuerzo, ni elementos de otra naturaleza. En el caso de Venezuela esta técnica se inicia con la llegada de los españoles al país, utilizando mayormente piezas elaboradas con el suelo de la zona, conocidas como adobe, que según Gendrop, (2001) lo define como “ladrillo formado por una masa de tierra arcillosa, agua y algún aditivo, secada al sol y al aire” . Gran parte de las construcciones coloniales están elaboradas con muros de adobe, de diferentes dimensiones y diferentes características debido a la diversidad de la tierra y la manera empírica de elaboración de esos ladrillos. En la figura 1 se muestra la sección de una pared típica en el edificio sede de la antigua Universidad, en la ciudad de Valencia, Venezuela, construido durante la segunda mitad del siglo XIX, cuyas paredes exteriores tal como la que se muestra estaban configuradas por muros de mampostería de 90cm de espesor.



Figura 1. Muro de mampostería constituida por ladrillos de adobe. Fuente: elaboración propia

Con el advenimiento de la revolución industrial, se desarrollaron nuevos procesos de manufactura utilizando nuevos materiales para la elaboración de los ladrillos, tales como ladrillos o bloques de arcilla, de mortero de cemento, entre otros. Sin embargo la técnica de colocación de los ladrillos no varió, y en el argot popular se le dio el nombre de “paredes de bloque trabado”, tal como puede observarse en la figura 2. Su pobre desempeño estructural ha traído como consecuencia un uso cada vez menos frecuente, sin embargo aún es frecuente en zonas rurales y en asentamientos urbanos de clases populares, así como en divisiones de ambientes en diversos tipos de edificaciones.



Figura 2. Trabe de Muros de mampostería no confinada. Fuente: elaboración propia

Mampostería Confinada

Este tipo de técnica es ampliamente utilizado por la población venezolana, particularmente en zonas rurales y clases populares. Según San Bartolomé (2010): ‘La albañilería confinada por elementos de concreto armado fue creada por ingenieros italianos, después que el sismo ocurrido en 1908 en Messina, Sicilia, arrasara con las edificaciones de albañilería no reforzada’. En este caso los muros están constituidos por secciones de paredes de bloque confinadas por un marco compuesto de elementos generalmente de concreto armado, con secciones usualmente inferiores a las especificadas en la normativa vigente, conocidos como machones (elementos verticales) y vigas de corona (elementos horizontales) tal como se ilustra en la figura 3; estos elementos tienen como función soportar las fuerzas por tracción y parte del cortante que no resiste el muro de mampostería, actuando de forma monolítica con este último, según Marinilli (2004):

“La principal debilidad de la mampostería es, al igual que el concreto, su limitada resistencia a tracción. De ahí la importancia de contar con un refuerzo de acero ubicado estratégicamente para suplir esa deficiencia; especialmente cuando se consideran solicitaciones sísmicas. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que el refuerzo, en cualquiera de sus modalidades, sólo empieza a trabajar cuando la mampostería se agrieta”.

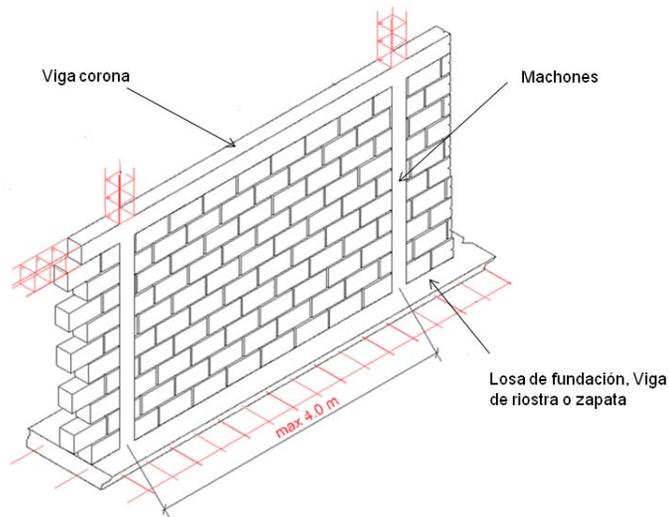


Figura 3. Componentes de un muro de mampostería confinada. Fuente: elaboración propia

Esta técnica se caracteriza por construirse primero el muro de albañilería, en segundo lugar se vacía el concreto de los elementos verticales de confinamiento (columnas); y finalmente, se vacía el concreto del techo en conjunto con el de las vigas, aunque en muchos casos se vacían las vigas coronas y el techo se construye en una fecha posterior por lo que no existe continuidad de vaciado entre los muros y las losas. Esta secuencia constructiva produce una adecuada adherencia entre los materiales involucrados y un comportamiento integral del muro como un solo elemento estructural; en la siguiente figura se muestra un muro en etapa de construcción



Figura 4. Construcción de muro de mampostería confinada típico. Fuente: caracas.olx.com.ve

Los elementos confinantes además de conformar el marco que circunda al muro de mampostería, tienen como función servir de conexión entre muros ortogonales, así como entre los muros y las losas de entrepiso o de techo según sea el caso

Mampostería reforzada

En este caso a los muros se les coloca acero de refuerzo horizontal y/o vertical, como se observa en la figura 5. Este tipo de elementos posee un mejor desempeño estructural motivado a la ductilidad que se le adiciona por la presencia del acero de refuerzo colocado dentro del muro de mampostería, que a su vez colabora a la interconexión muro-elementos confinantes, con lo que se logra que se comporte como una sola pieza



Figura 5. Construcción de Muro de mampostería reforzada. Fuente: <http://www.tensolite.com.ar>

Comportamiento de la mampostería confinada bajo acción sísmica

Una edificación constituida por muros de mampostería confinada bajo la acción del sismo puede asemejarse a una armadura vertical. Los muros de mampostería actúan como un puntal diagonal en compresión, mientras los elementos confinantes actúan a tracción o compresión dependiendo de la dirección del sismo. Hasta que la mampostería no se agrieta el comportamiento es similar al de mampostería no confinada. Es importante mencionar que el comportamiento de los muros frente a las cargas que se les impone, viene determinado entre otros aspectos por la calidad de los materiales empleados, que en el caso de los bloques o ladrillos así como del mortero que los une es muy diversa. Por otro lado la configuración y detallado del acero de refuerzo, así como el cuidado en la elaboración y colocación de la mezcla de concreto son factores que influyen en el comportamiento y en la capacidad resistente del muro. Las fallas principales que pueden presentar los muros de mampostería confinada al ser sometidos a cargas laterales son:

- a. Falla de corte por deslizamiento: se trata de una falla ocasionada por la poca adhesión que existe entre los ladrillos y el mortero que se utiliza como unión entre los mismos, presentándose un agrietamiento horizontal a lo largo de la junta de mortero.
- b. Falla por tensión diagonal: también conocida como falla por corte, es ocasionada por los esfuerzos de corte o de tensión diagonal, y se evidencia mediante el agrietamiento diagonal a través de las piezas de bloques o en forma de escalera a lo largo de las juntas de mortero
- c. Falla por flexión: ocurre cuando el refuerzo vertical a tensión fluye y los bloques del extremo a compresión se aplastan.

Problemas más comunes presentados en los elementos confinantes

Aunque los elementos confinantes, i.e. machones y vigas de corona, son exigidos una vez que ocurre la falla del muro de mampostería simple, existen ciertas deficiencias de uno u otro origen que pueden condicionar el desempeño estructural, tales como:

- Presencia de cangrejeras
- Insuficiente recubrimiento
- Separación excesiva entre ligaduras
- Anclaje insuficiente del acero de refuerzo longitudinal
- Baja calidad del concreto
- Esbeltez
- Sistema de fundación inadecuado

En la literatura técnica se puede encontrar una gran cantidad de ensayos realizados a diferentes probetas que simulan estos elementos, variando los factores que puedan evitar las deficiencias arriba mencionadas, obteniendo en muchos casos mejoras no sólo en las características mecánicas o físicas sino también en el comportamiento estructural, en lo que se refiere a resistencia y ductilidad. Dentro de estos ensayos es ampliamente referenciado el uso de fibras comerciales para mejorar la calidad del concreto.

Concreto reforzado con fibras

Desde tiempos antiguos se han utilizado diferentes materiales para mejorar las mezclas con las que se elaboraban los elementos constituyentes de las estructuras, en ese sentido está documentada la utilización de la paja, pasto, o pelos de animal en los ladrillos de adobe empleados para muros de mampostería, con el fin de disminuir la fisuración y mejorar la resistencia a la tensión. Con el advenimiento de la revolución industrial y la aparición y manufactura de nuevos materiales se comenzaron a fabricar fibras de distintos componentes como el vidrio, el acero y las fibras sintéticas, para ser utilizadas en los diferentes procesos

constructivos, no sólo de ladrillos sino también de elementos estructurales de concreto, proceso que sigue perfeccionándose con el correr de los años; en lo que corresponde a las fibras de acero “los antecedentes más inmediatos los encontramos en 1911, año en el que Graham utilizó por primera vez fibras de acero para incrementar la resistencia y estabilidad del hormigón armado convencional. Sin embargo, los primeros estudios científicos sobre este tema se deben a Griffith, en 1920, a los que siguieron en 1963 los de Romualdi y “Batson y Romaldi y Mandel”. Mármol, P (2010).

Clasificación de fibras más comunes utilizadas en la construcción

Las fibras pueden clasificarse de varias maneras, pero las dos clasificaciones principales son las siguientes:

- a. Según el tipo de material:
- b. Según geometría y funcionalidad

Clasificación según tipo de material

Fibras de vidrio

La manera inicial de utilización como refuerzo del concreto de este tipo de fibra fue usando fibras de vidrio tipo E, pero al ser incorporadas a la mezcla, sufrían ataques químicos producidos por el álcali del cemento, lo que afectaba sus propiedades resistentes e hizo que se mejoraran las técnicas para la obtención de un material con un mejor desempeño. Es así como en la década de los años 70 empiezan a utilizarse las fibras de vidrio que contenían circonio, algunas fibras existentes en el mercado pueden contener aditivos destinados a combatir bacterias o aumentar el asentamiento. Las proporciones comúnmente usadas son bajas, de alrededor de 1 kg/m³ de mezcla. Según Osorio, J (2013) algunas de las ventajas que ofrece la fibra de vidrio a las propiedades del concreto son las siguientes:

- Las fibras de vidrio distribuyen a toda la masa del hormigón fuertes solicitaciones locales.

- La presencia física de las fibras de vidrio inhibe el movimiento de la humedad en el concreto, durante y después de su colocación, obteniendo un concreto más homogéneo y en consecuencia, con una mayor resistencia media global.
- Las fibras de vidrio mejoran la resistencia a los daños, particularmente durante la manipulación de componentes “jóvenes”.
- Mejora la resistencia a la tracción / flexión, consiguiendo eliminar los refuerzos de acero en algunos elementos no estructurales.
- Disminuyen el agrietamiento del hormigón por contracciones plásticas

Fibras de acero

Dependiendo del sistema de fabricación, hay fibras de diferentes tamaños, secciones, rugosidad superficial y formas. Pueden ser trefiladas en frío, cortadas o maquinadas. Su forma puede ser variable, recta, ondulada o con aplastamientos. Normalmente tienen deformaciones a lo largo de la fibra o en sus extremos. Esta última modalidad es más eficaz para aumentar la adherencia en el concreto. Para comparar una fibra con otra se utilizan tres conceptos: relación de esbeltez, anclaje y resistencia a la tracción del alambre.

Fibras sintéticas

Investigaciones realizadas en Estados Unidos, Canadá y Australia han comprobado que las fibras sintéticas (polietilenos y polipropilenos densos, entre otras) debidamente diseñadas, pueden usarse exitosamente como alternativa tradicional a la malla electrosoldada. En este caso, las fibras sintéticas se clasifican dentro del grupo de las macrofibras, cuyo efecto principal dentro del concreto es asegurar una tenacidad acorde con las necesidades del diseño estructural. Al igual que las fibras metálicas, las macrofibras están diseñadas para mejorar las características mecánicas del concreto y se suministran en longitudes y diámetros distintos. La proporción de la mezcla depende de la longitud y el diámetro, pero las dosificaciones usualmente empleadas están comprendidas entre 1 y 2%

en volumen (9 a 18 kg/m³), si bien existen aplicaciones con contenidos mínimos del 0,1%, o máximos del 8%, en volumen.

Fibras naturales

Desde tiempos antiguos se ha utilizado diferentes tipos de fibras naturales con el fin de reforzar el concreto, dándose el caso de la utilización de materiales como el sisal, coco, caña de azúcar, yute, bambú entre otros, motivado principalmente a la facilidad de obtención en la zona de construcción y a su bajo costo.

Clasificación según geometría y funcionalidad

Microfibras

Este tipo de fibras se utiliza con el fin de ayudar a reducir la segregación de la mezcla, así como prevenir el agrietamiento durante las primeras horas de colocación del concreto, es decir en estado fresco, siendo las más utilizadas las fibras de polipropileno, poseen diámetros entre 0.023 mm a 0.050 mm, pueden ser monofilamento o fibriladas. Se utilizan con mayor frecuencia en pisos, pavimentos y elementos prefabricados. En la figura 6 se observa una muestra de microfibra de polipropileno.



Figura 6. Microfibra de polipropileno. Fuente: col.sika.com

Macrofibras

A diferencia de las microfibras, estas fibras previenen el agrietamiento en estado endurecido, reducen el ancho de la grieta si esta se presenta, y principalmente aumentan la tenacidad del material. Las más utilizadas son las sintéticas y las metálicas, cuyos diámetros varían entre 0.05 mm a 2.00 mm, de las cuales se muestran algunas en la figura 7. Su relación de aspecto (L/d) varía entre 20 a 100, y actualmente su principal uso es como sustituto de la malla truckson como acero para absorber esfuerzos por retracción y cambios de temperatura.



Figura 7. Diferentes tipos de macrofibras. Fuente: col.sika.com

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico de la investigación se refiere a las vías a seguir desde que se inicia la investigación hasta la finalización del mismo.

Balestrini (2006) define el marco metodológico como:

La instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real. De allí que se deberán plantear el conjunto de operaciones técnicas que se incorporan en el despliegue de la investigación en el proceso de la obtención de los datos. El fin esencial del marco metodológico es el de situar en el lenguaje de investigación los métodos e instrumentos que se emplearán en el trabajo planteado, desde la ubicación acerca del tipo de estudio y el diseño de investigación, su universo o población, su muestra, los instrumentos y técnicas de recolección de datos, la medición, hasta la codificación, análisis y presentación de los datos. De esta manera, se proporcionará al lector una información detallada sobre cómo se realizará la investigación (Pág. 114).

Tipo de Investigación

La investigación que se está realizando para dar solución a la problemática ya planteada en capítulos anteriores es de tipo descriptiva, la cual, según Arias, F. (2006) se define como:

La caracterización de un hecho, fenómeno o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. (p. 22)

La investigación en estudio, es de Tipo Descriptiva, ya que permite establecer la influencia de la utilización de fibras comerciales en lugar del agregado grueso, sobre elementos de concreto reforzado tipo machón

Diseño de Investigación

De acuerdo a lo afirmado por Sabino (2002), una investigación experimental "es la que obtiene su información de la actividad intencional realizada por el investigador y que se encuentra dirigida a modificar la realidad con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga, y así poder observarlo, sobre la misma se puede o no usar un grupo de control, con el fin de hacer las comparaciones necesarias para comprobar las hipótesis o rechazarlas según el caso".

Por esta razón el diseño de investigación empleada en el presente trabajo, fue experimental, ya que se varió el contenido de fibra añadida en la mezcla de concreto para evaluar la incidencia sobre el comportamiento de los machones al ser sometidos a cargas laterales alternantes.

Fases de la Investigación

Los procedimientos seguidos para recolectar la información que contribuirán con las bases del desarrollo investigativo, se pueden englobar en las siguientes fases:

Fase 1: Determinación de las propiedades resistentes de la mezcla de concreto en estado endurecido convencional y con fibra añadida

En esta fase se procedió a la determinación de la resistencia a compresión mediante la rotura de probetas cilíndricas, así como la determinación de la resistencia a tracción, mediante flexión en viguetas normalizadas. A tal efecto se elaboraron mezclas con diferentes porcentajes de fibra añadida y una mezcla a la que se denominó patrón, correspondiente a concreto convencional sin fibra, elaborada con arena lavada, cemento Portland, arrocillo y agua.

Fase 2: Obtención mediante ensayos de la respuesta de elementos tipo machón, de concreto convencional bajo carga lateral alternante

Luego de elaboradas las probetas de ensayo se procedió a evaluar la respuesta bajo cargas laterales, simuladas a través de un par de gatos colocados en el banco de pruebas tal y como se describe más adelante en el procedimiento experimental. Con este ensayo de carga alternante y creciente se obtuvieron los datos que refleja el comportamiento de la probeta en lo que se refiere a Desplazamiento vs. Carga aplicada, hasta llegar al colapso.

Fase 3: Obtención mediante ensayos de la respuesta de elementos tipo machón, de concreto con fibras bajo carga lateral alternante

Procediendo de la misma manera al ensayo descrito en la fase anterior, se evaluó la respuesta de los elementos elaborados con concreto reforzado con fibra, identificados según el porcentaje de fibra añadida.

Fase 4: Interpretación, análisis y correlación en algunos parámetros y resultados obtenidos de los ensayos realizados

Una vez elaborados los ensayos se construyeron los diagramas de histéresis para cada elemento ensayado, con los valores de deformaciones y cargas obtenidas, con el fin de realizar un análisis comparativo del comportamiento de los especímenes en cuanto al desempeño bajo cargas alternantes.

Procedimiento Metodológico

A continuación se describen las etapas correspondientes al procedimiento experimental

Etapas 1: Establecer las variables a considerar en la investigación

En esta fase se establecieron las variables a estudiar, en base a investigaciones precedentes y a la recopilación de información correspondiente a las fibras comerciales

existentes en el mercado. Previo a la elaboración de las mezclas de ensayo se preseleccionaron dos tipos de fibras comerciales utilizadas en el país, con características tales que suministraran ciertos beneficios en lo que resistencia a tracción se refiere, según la hoja técnica suministrada por cada fabricante. De esta preselección se escogieron la fibra metálica Xorex, fabricada por NOVOCON y la fibra de Polyolefin, fabricada por 3M.

Por otro lado se fijó un valor de resistencia a la compresión del concreto único para todas las mezclas a elaborar.

Etapa 2: Realizar ensayos preliminares para la selección de la fibra a utilizar

Con el fin de seleccionar el tipo de fibra a utilizar para los ensayos preliminares realizados, se construyeron viguetas de 15x15x70 , siguiendo lo especificado en la Norma COVENIN-MINDUR 342 “ Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo” , así como probetas cilíndricas Standard de 15cm de diámetro y 30cm de altura, para ser sometidas a rotura mediante el ensayo a compresión, utilizando para ello tres tipos de muestra con diferentes porcentajes de fibra añadida

Las mezclas evaluadas en los ensayos preliminares fueron las siguientes

Mezcla sin fibras

Mezclas con Fibra tipo Xorex al 1, 2 y 3%

Mezclas con Fibra de Polyolefin al 1 y 2%

De los resultados obtenidos se seleccionó la fibra que presentó mejor desempeño

Etapa 3: Diseñar probetas para ensayo de carga alternante

Una vez seleccionada la fibra se procedió a construir los especímenes para ser sometidos a ensayos de carga alternante, asemejando las uniones vigas-columnas, conformados por dos vigas de 15cmx20cm y una columna central con sección de

15cmx15cm , que constituyen las dimensiones comúnmente utilizadas en la construcción de viviendas de mampostería de carácter popular en Venezuela, ya que generalmente los elementos de confinamiento usados (vigas de corona y machones), están en proporción con el ancho de las paredes de mampostería.

La escogencia de esta configuración en forma de I (ver figura 8), se basó fundamentalmente en diversos ensayos realizados en el IMME de la UCV al evaluar el comportamiento de muros de mampostería confinada a escala real, ya que los mismos experimentan una deformación por corte gobernada por la gran rigidez que le proporcionan los muros de mampostería al sistema estructural en el plano en que se encuentran. Una vez que los muros son sometidos a cargas laterales experimentan un alargamiento en el sentido de aplicación de la carga, generando grietas a 45° de corte en la parte inferior de los machones que los confinan, en una altura aproximada de un bloque (20cm), siendo esta la premisa para el dimensionamiento de los especímenes a ensayar. En la figura 8 puede observarse el diseño del prototipo a ser utilizado.

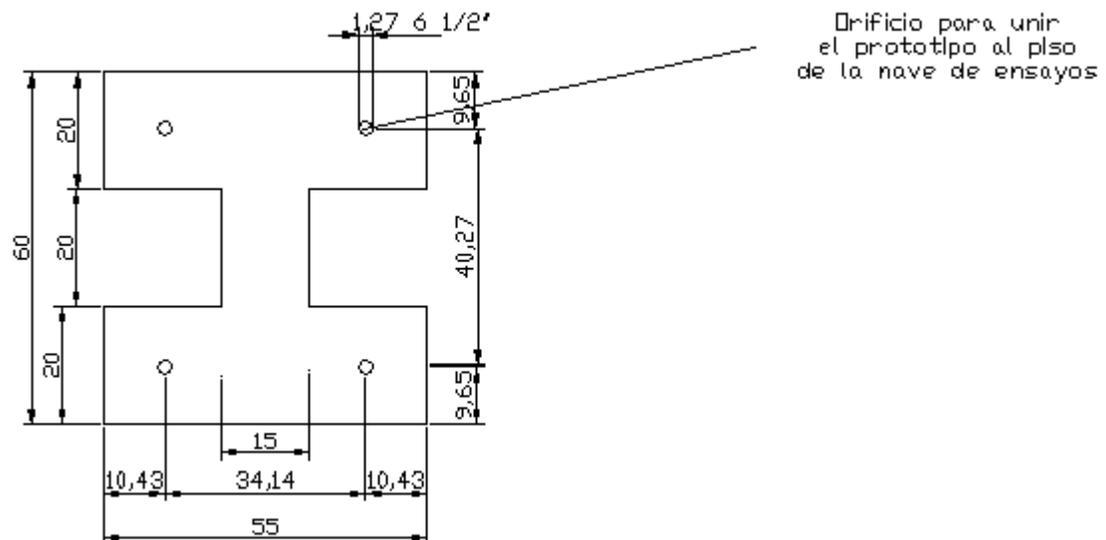


Figura 8. Especimen tipo para ensayo de carga alternante, dimensiones en mm.
Fuente: elaboración propia

Armadura de Refuerzo:

Para la armadura de refuerzo se utilizaron cabillas de $\frac{1}{2}$ " (1,27cm) de diámetro como refuerzo longitudinal, y cabillas de $\frac{3}{8}$ " de diámetro como acero transversal tanto para las vigas como para la columna. (ver figura 9). La selección de esta configuración se basó en las investigaciones previas llevadas a cabo en el IMME.



Figura 9. Detallado típico de la armadura de refuerzo. Fuente: elaboración propia

Mezclas utilizadas

Para la evaluación, se elaboró un diseño de mezcla patrón, con resistencia $f'_c=210$ Kg/cm², el resto de las mezclas se elaboró variando el porcentaje de fibra añadida a la mezcla, teniendo como parámetro fijo la resistencia a la compresión f'_c . La escogencia de los porcentajes de fibra añadida se realizó tomando en cuenta las indicaciones establecidas en la hoja técnica del producto, así como lo especificado en el ACI Material Journal ACI 544.3R “ Guide for specifying, proportioning, mixing, placing, and finishing steel fiber reinforced concrete”; elaborando especímenes con mezclas contentivas de 0.25, 0.50, 1, 1.5 y 2% de fibra añadida.

Etapa 4: Preparación y elaboración de ensayo de carga alternante

Motivado al tamaño de los especímenes, fue necesario construir una estructura metálica que constituyera el banco de prueba. El cálculo de los elementos se realizó utilizando el programa de cálculo SAP 2000, considerando una carga lateral de 20 toneladas fuerza, que constituye la máxima carga actuante sobre los modelos que genere el colapso de los mismos, y adicionalmente una carga a compresión generada por el peso del gato que suministra la carga lateral igual a 1 ton-f, obteniendo los siguientes solicitaciones, con las que se diseñaran la viga y columnas que conformarán la estructura del banco.

Elemento	Carga Axial (Kgf)	Corte (Kgf)	Momento (Kgf.m)
Columna	-10794.12	10409.27	5093.74
Viga	-9590.73	11980.43	9992.13
Diagonal	13690.83	0.00	0.00

Tabla 1. Solicitaciones para diseño de elementos de banco de prueba. Fuente: elaboración propia

Con estos valores se procedió a diseñar los elementos, obteniendo los siguientes resultados:

Viga : Perfil CONDUVEN 220X220X7

Columnas: Perfil CONDUVEN 155X155X4.5

Diagonales: Perfil CONDUVEN 90X90X2.5

Una vez elaborados los especímenes se procedió a llevar a cabo el ensayo de carga alternante en el banco diseñado, en la Figura 10 se muestra una vista general del montaje de los ensayos.

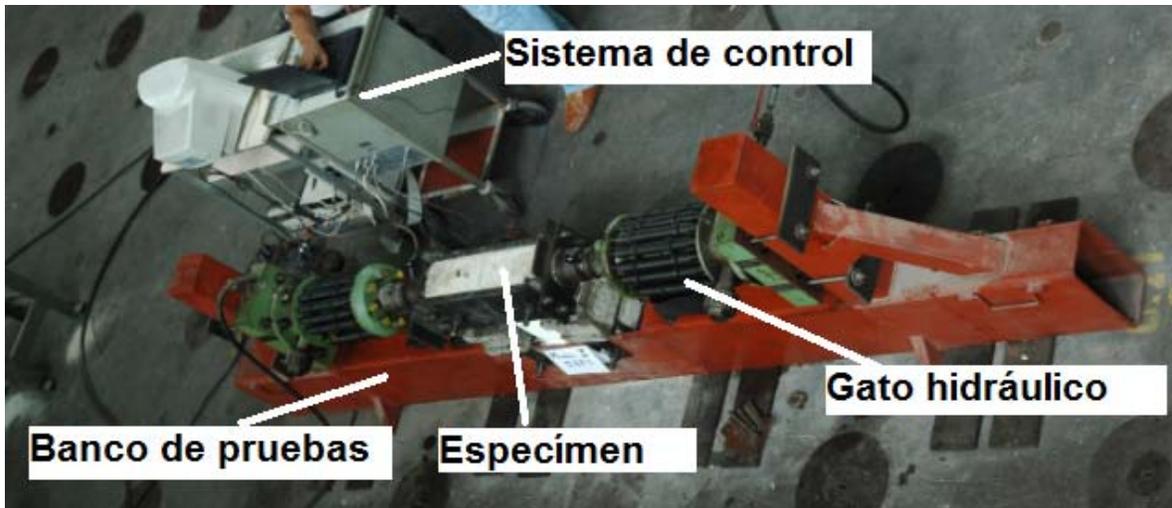


Figura 10. Montaje de ensayos utilizado. Fuente: elaboración propia

Una vez colocado cada espécimen en el banco, el ala inferior del elemento fue fijada al perfil Conduven que constituye la viga del banco, a través de unos pernos pasantes de modo de garantizar un anclaje adecuado del espécimen, tal y como se observa en la figura 11.



Figura 11. Sujeción de espécimen a viga de banco. Fuente: elaboración propia

Igualmente para garantizar el mejor contacto entre el gato y el espécimen al ser aplicada la carga, se colocó una corona de planchas en el ala superior, la cual fue fijada al elemento a través de pernos pasantes y tuercas, también fue necesario colocar piezas de

bloques de concreto entre las dos alas para evitar el pandeo del ala superior y garantizar desplazamientos sólo en dirección horizontal como puede apreciarse en la figura



. **Figura 12. Corona de planchas en ala superior. Fuente: elaboración propia**

La instrumentación empleada consistió de celdas de presión, transductores de desplazamiento (LVDT) y un Sistema de Control y Adquisición de Datos desarrollado en el IMME. Se emplearon sendas celdas de presión para determinar las cargas aplicadas por cada uno de los gatos hidráulicos. En la Figura 13 puede observarse una de estas celdas de presión.



Figura 13. Celda de presión típica ubicada en uno de los gatos hidráulicos. Fuente: elaboración propia

Se emplearon dos Transductores de desplazamiento LVDT para medir los desplazamientos horizontales relativos entre cada espécimen y la viga de anclaje. Los transductores se colocaron a dos alturas distintas, a saber: el LVDT1 (Principal) a nivel del ala superior, mientras que el LVDT2 se ubicó a nivel del alma, sólo para fines de control, como se muestra en la figura.

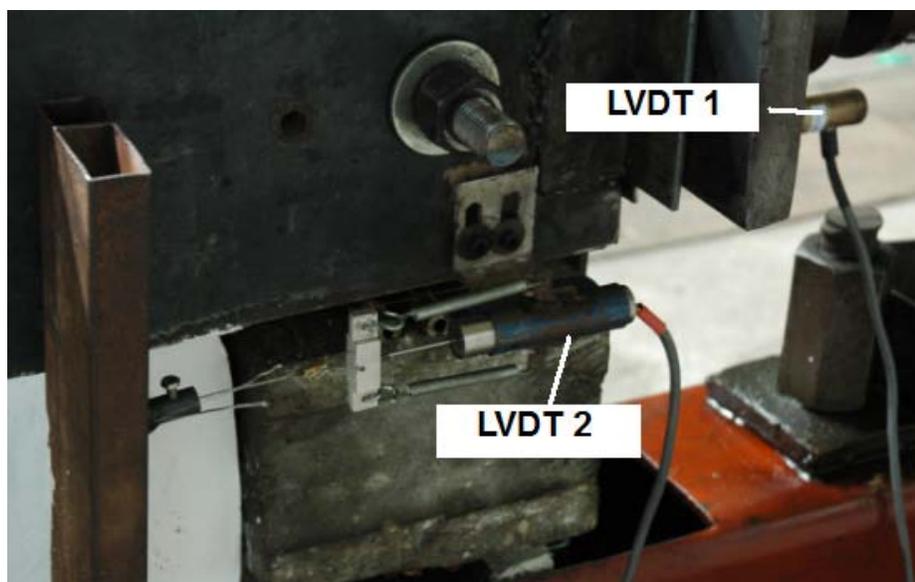


Figura 14. Ubicación de Transductores de desplazamiento LVDT. Fuente: elaboración propia

Todos los especímenes se pintaron de blanco para poder apreciar la aparición y el desarrollo del agrietamiento durante la ejecución de los ensayos.

Una vez colocado el espécimen en el banco de prueba se procedió a realizar el ensayo, mediante control de desplazamientos, comenzando con un desplazamiento de ± 1 mm, y con incremento de 1mm en cada dirección, para lo cual se cargaba y descargaba el gato correspondiente al extremo del desplazamiento inducido. A través del sistema de control se fueron obteniendo valores de cargas correspondientes a cada uno de los desplazamientos hasta llegar a la carga de rotura.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección, según Sabino (ob.cit.),

Son la directriz metodológica que orienta científicamente la recopilación de información, datos u opiniones, que en este caso, fue la observación planificada, que según el autor es aquella que se emplea cuando el investigador planea con antelación que es realmente de interés para alcanzar sus objetivos.

Como técnica implementada se empleó la observación directa, ya que se tomaron los datos directamente de los ensayos experimentales así como de fuentes bibliográficas. Los instrumentos de recolección de datos para la investigación son el banco de pruebas, libros, revistas digitales, memorias digitales utilizadas para almacenar la información obtenida de la red Internet, normas vigentes venezolanas, normas vigentes americanas, etc., los cuales permitirán establecer un orden en toda la información recabada en una forma sistemática para abordar lógicamente cada capítulo, sección y sub-secciones del estudio.

Posteriormente, se procedió a revisar toda la información, seleccionando los elementos que expresaron verdadera relevancia en atención al esquema general y los objetivos para luego proceder, mediante una técnica analítica y sintetizada, a desarrollar cada aspecto.

Análisis de Datos

Arias F, (2006) expresa “en lo referente al análisis, se definirán las técnicas lógicas (inducción, deducción, análisis-síntesis), o estadísticas (descriptivas o inferenciales), que serán empleadas para descifrar lo que revelan los datos recolectados.” (p.99).

En este caso el análisis se llevó a cabo a través de la comparación de gráficos obtenidos de los ensayos, que sirven como base para poder identificar la mezcla con un porcentaje de fibra que presente un mejor desempeño frente a cargas alternantes.

CAPITULO IV

PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos tanto de los ensayos preliminares como de los ensayos de carga alternante llevados a cabo a los especímenes construídos, así como un análisis comparativo de las respuestas obtenidas, dando cumplimiento a los Objetivos del presente Trabajo.

Ensayos preliminares

Para escoger el tipo de fibra a utilizar se preseleccionaron las tres fibras más utilizadas en el país, a saber

Fibra de polipropileno, fabricada por Fibermesh

Fibra de polyolefin , fabricada por 3M y

Fibra de acero , marca XOREX, fabricada por NOVOCON.

Motivado a las características de cada una de ellas, y luego de verificar la consistencia del material, se optó por desechar la opción de la fibra de polipropileno, ya que se requería un material con características tales que contribuyera a resistir tracciones en el concreto al ser añadida a la mezcla.

Para efectos de evaluación, se llevaron a cabo ensayos de rotura de cilindros según la norma Covenin 338-2002, así como ensayos de viguetas según la norma Covenin . Las mezclas evaluadas correspondieron a :

Concreto Normal (sin fibra añadida)

Concreto con 1% de fibra de polyolefin (sin agregado grueso)

Concreto con 2% de fibra de polyolefin (sin agregado grueso)

Concreto con 1% de fibra metálica tipo Xorex (sin agregado grueso)

Concreto con 2% de fibra metálica tipo Xorex (sin agregado grueso)

Obteniéndose los siguientes resultados

Ensayo a compresión

Muestra	D (cm)	Pmax (Kg)	Rc (Kg/cm ²)
Normal A	14,99	27.900	158,09
Normal B	15,05	28.400	159,64
Xorex 1% A	14,94	27.100	154,59
Xorex 1% B	14,95	27.300	155,52
Polyolefin 1% A	15,07	26.600	149,13
Polyolefin 1% B	14,92	27.000	154,43
Polyolefin 2% A	14,99	20.500	116,16
Polyolefin 2% B	15,05	21.000	118,05
Xorex 2% A	15,01	23.200	131,11
Xorex 2% B	15,01	22.300	126,02
Xorex 3% A	15,00	21.400	121,10
Xorex 3% B	15,10	22.000	122,85

Tabla 2. Resultados de ensayo a compresión de cilindros. Fuente: elaboración propia

Ensayo de Tracción por flexión

L (cm)= 69,00

Muestra	h (cm)	b(cm)	P	Mr	X
Normal A	15,360	16,300	1.220,00	21,89	1,74
Normal B	15,295	15,380	1.100,00	21,10	1,67
Xorex 1% A	15,570	15,580	1.130,00	20,64	1,66
Xorex 1% B	15,800	16,060	1.440,00	24,78	1,99
Polyolefin 1% A	15,700	16,015	1.170,00	20,45	1,67
Polyolefin 1% B	15,710	17,570	1.300,00	20,69	1,66
Polyolefin 2% A	15,190	15,400	900,00	17,48	1,62
Polyolefin 2% B	15,750	16,245	1.010,00	17,29	1,59
Xorex 2% A	15,360	16,370	1.580,00	28,23	2,47
Xorex 2% B	15,165	16,270	1.380,00	25,45	2,27
Xorex 3% A	15,325	15,550	1.350,00	25,51	2,32
Xorex 3% B	15,650	16,445	1.780,00	30,49	2,75

Tabla 3 Resultados del ensayo de tracción por flexión en viguetas. Fuente: elaboración propia

Como puede observarse, las mezclas de concreto reforzado con fibra metálica tipo Xorex, presentaron mejor desempeño en cuanto al módulo de rotura que las mezclas de concreto reforzado con Polyolefin, razón por la cual se seleccionó trabajar con la fibra Xorex.

Ensayos de Carga Lateral Alternante

Se evaluaron 6 modelos, correspondientes a diferentes porcentajes de fibra añadida, en rangos de porcentaje sobre volumen recomendado por los fabricantes, así como la poca trabajabilidad demostrada en los ensayos preliminares con porcentajes mayor al 2% de fibra añadida; en base a esto la nomenclatura utilizada fue la siguiente:

Modelo patrón: elaborado con concreto convencional sin fibra añadida

Modelo 1: 0,25% de fibra añadida (sin agregado grueso)

Modelo 2: 0,50% de fibra añadida (sin agregado grueso)

Modelo 3: 1% de fibra añadida (sin agregado grueso)

Modelo 4: 1,5% de fibra añadida (sin agregado grueso)

Modelo 5: 2% de fibra añadida (sin agregado grueso)

A continuación se presentan los diagramas de histéresis correspondientes a los resultados obtenidos del ensayo de carga alternante

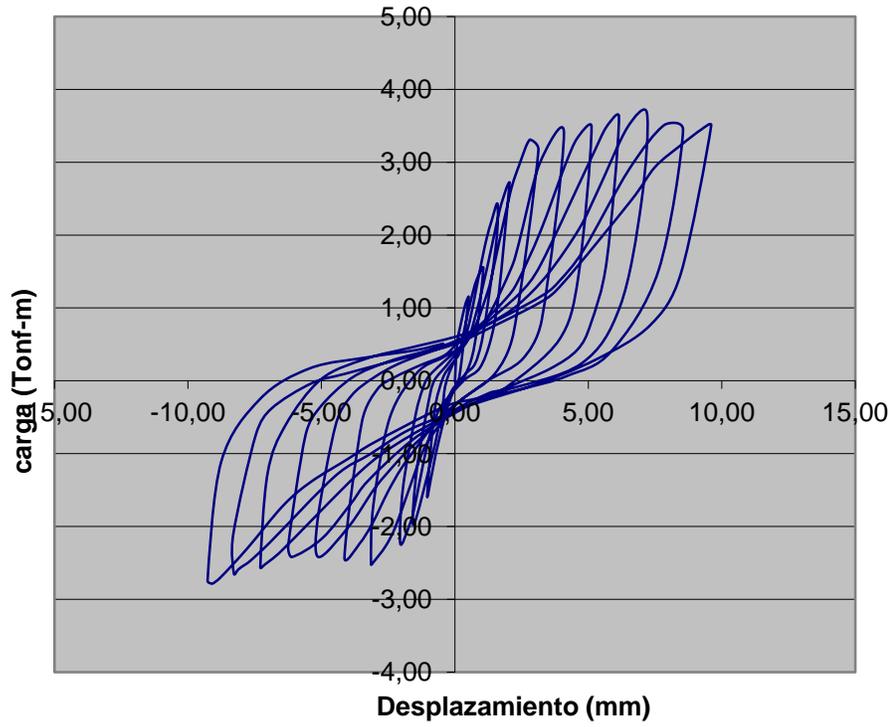


Figura 15. Diagrama de histéresis Modelo patrón. Fuente: elaboración propia

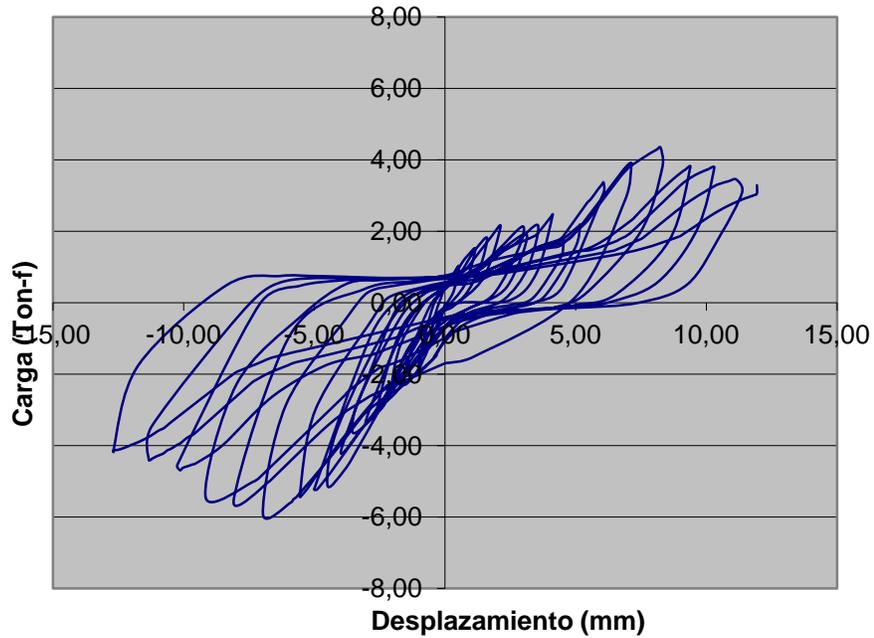


Figura 16. Diagrama de histéresis Modelo 1. Fuente: elaboración propia

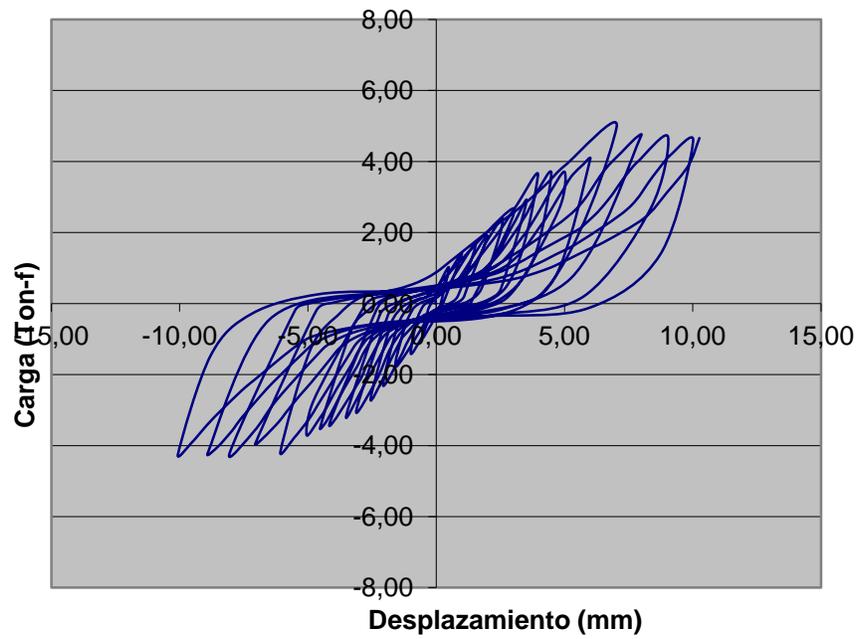


Figura 17. Diagrama de histéresis Modelo 2 . Fuente: elaboración propia

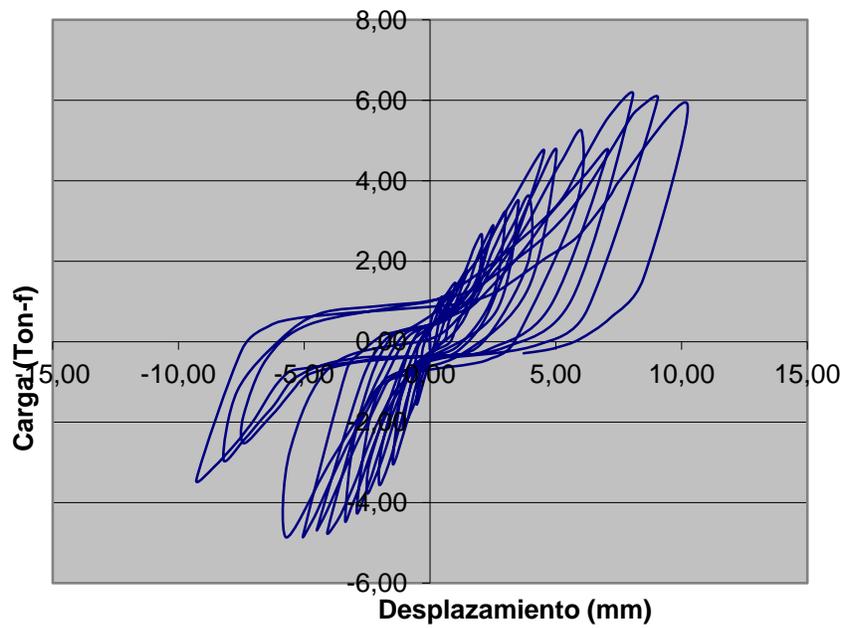


Figura 18. Diagrama de histéresis Modelo 3 . Fuente: elaboración propia

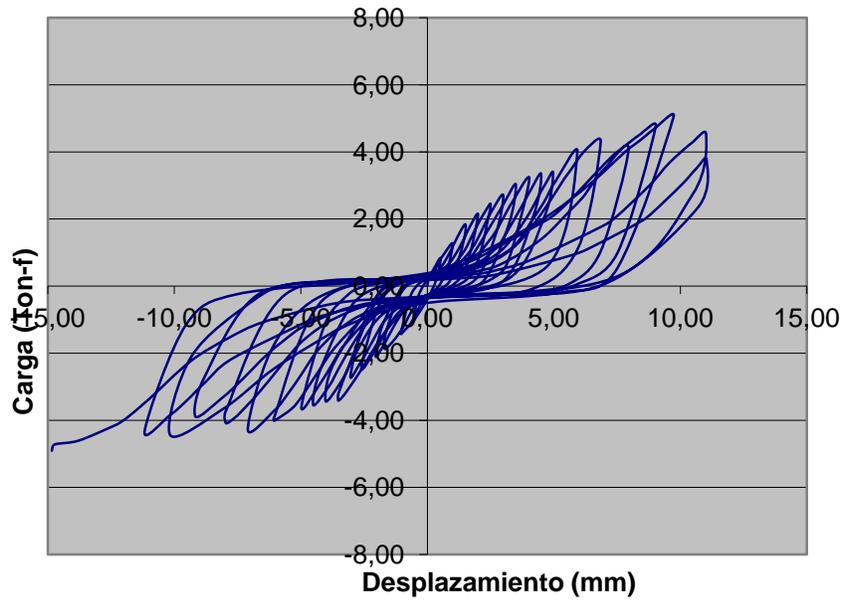


Figura 19. Diagrama de histéresis Modelo 4. Fuente: elaboración propia

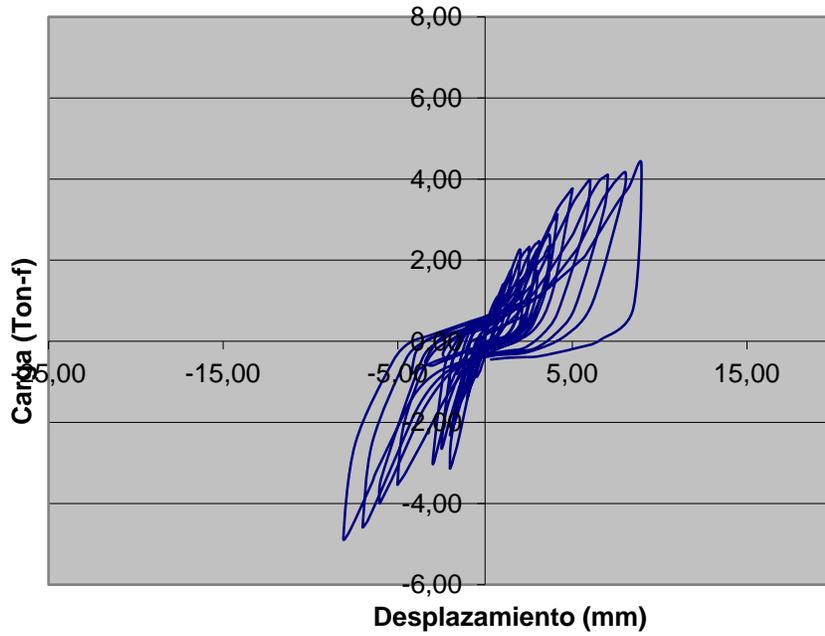


Figura 20. Diagrama de histéresis Modelo 5 . Fuente: elaboración propia

De estos diagramas puede resumirse los valores de carga y desplazamiento último para cada modelo ensayado, lo que se indica en la siguiente tabla:

Modelo	Carga máxima (ton)	Desp. Carga max (mm)	Carga desp.último (ton)	Desp. Último (mm)
Patrón	3,68	7,20	3,50	9,60
1	4,34	8,25	4,19	12,69
2	4,96	7,03	4,66	10,26
3	6,10	8,06	5,89	10,23
4	5,04	9,73	4,91	14,84
5	4,86	8,12	4,86	8,12 (20,13)

Tabla 4. Valores de cargas y desplazamientos máximos. Fuente: elaboración propia

Mientras que en los gráficos siguientes se indican los valores obtenidos de cargas y desplazamientos máximos y últimos para cada modelo

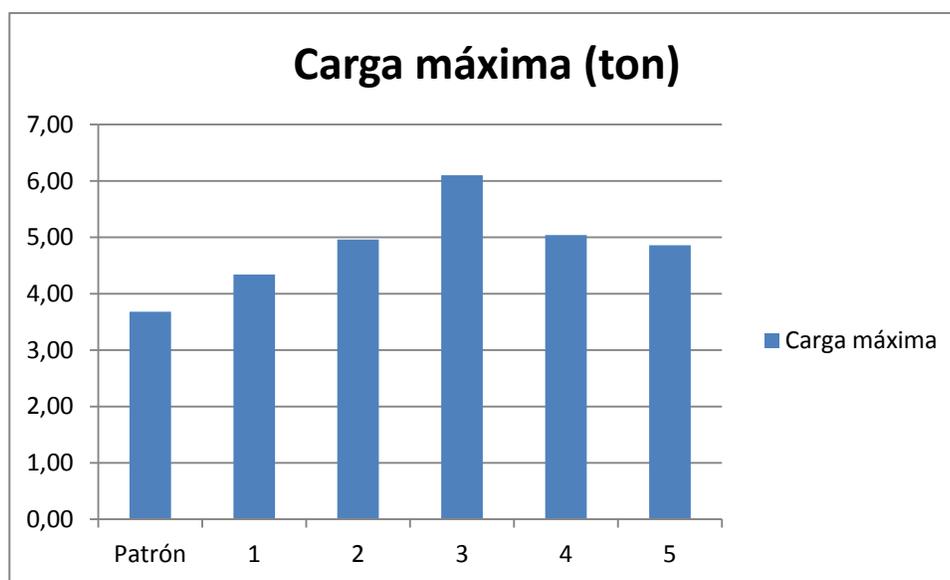


Figura 21. Valores de carga máxima. Fuente: elaboración propia

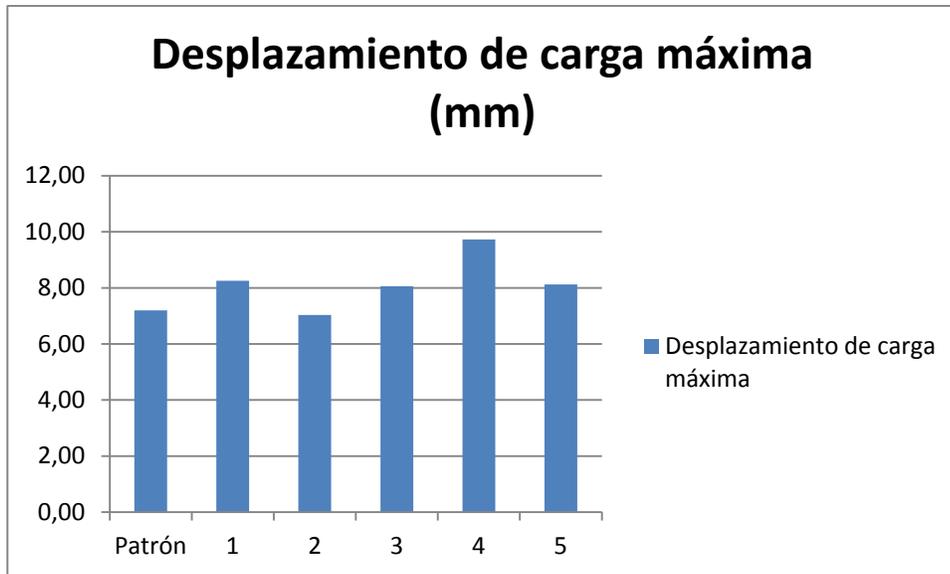


Figura 22. Valores de desplazamientos correspondientes a la carga máxima . Fuente: elaboración propia

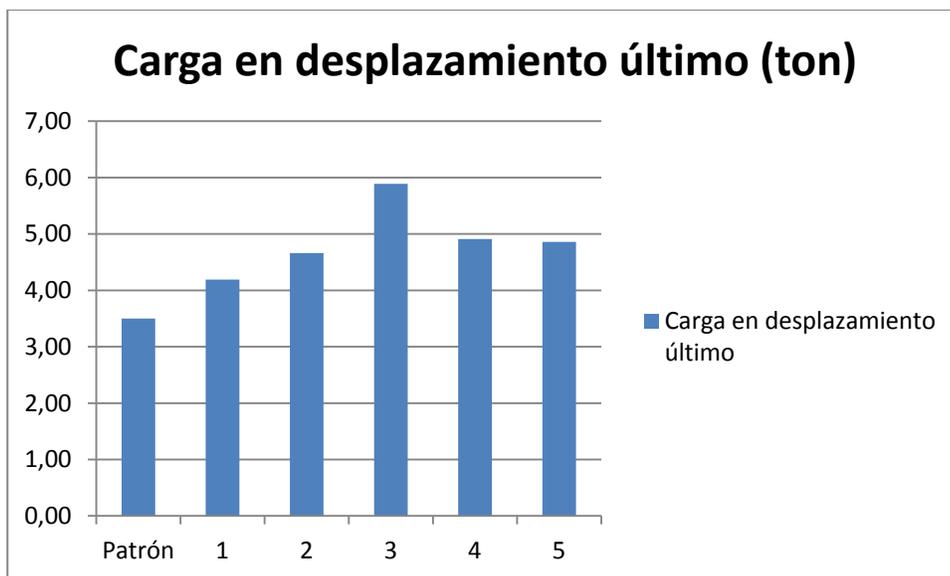


Figura 23. Valores de carga correspondiente al desplazamiento último. Fuente: elaboración propia

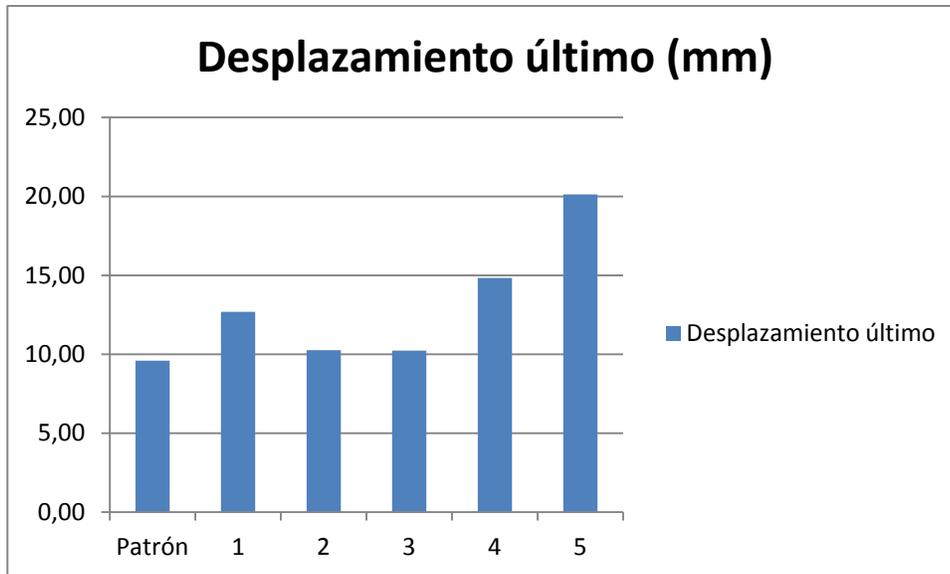


Figura 24. Valores de desplazamiento último. Fuente: elaboración propia

Realizando una comparación entre los valores de carga máxima, así como los valores obtenidos de desplazamiento último de los modelos elaborados con fibra añadida vs. el modelo patrón se obtienen los siguientes incrementos

Modelo	% incremento Carga máx.
Patrón	
1	17,93
2	34,78
3	65,76
4	36,96
5	32,07

Tabla 5. Incremento de carga máxima respecto a la obtenida para el modelo patrón. Fuente: elaboración propia

Modelo	% incremento Desp. último
Patrón	
1	32,19
2	6,88
3	6,56
4	54,58
5	(109,69)

**Tabla 6. Incremento de desplazamiento último respecto al obtenido para el modelo patrón.
Fuente: elaboración propia**

De los resultados obtenidos puede apreciarse lo siguiente:

En lo que corresponde a magnitud de carga lateral alcanzada por cada uno de los modelos ensayados, el que resistió mayor carga (6,10 ton) fue el modelo 3, mientras que el menor valor (3,68 ton) lo resistió el modelo patrón. Por otro lado puede observarse que el incremento de la cantidad de fibra añadida a partir de 1 % no representa una mejoría en la capacidad de carga resistida, ya que el valor de carga máxima para el modelo 4 y 5 son inferiores.

En lo que corresponde a desplazamiento máximo alcanzado, puede observarse que lo alcanzan los modelos con mayor porcentaje de fibra añadida, es decir los modelos 4 y 5, sin embargo el valor de 20,13mm alcanzado por el modelo 5, se obtuvo a partir de someter el espécimen hasta el máximo desplazamiento posible, manteniendo valores de carga máxima constante.

Así mismo, comparando los valores de carga máxima resistidos por los diferentes modelos con el valor resistido por el modelo patrón, el valor alcanzado por el modelo 3 representa un incremento del 65,76% con respecto al modelo patrón. Mientras que el incremento mayor de desplazamiento último alcanzado se obtuvo para el el modelo 5 con un valor de 109,69%.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas del análisis e interpretación de los resultados de los ensayos realizados:

- ✓ Fue posible elaborar elementos de concreto con mezclas en las que se sustituyó totalmente el agregado grueso por fibra metálica tipo Xorex, con la misma configuración en cuanto a dimensiones y armadura de refuerzo que elementos elaborados con concreto convencional.
- ✓ Las dimensiones y características de los prototipos ensayados permitieron evaluar de manera confiable el comportamiento que tendría un elemento tipo machón en escala real, ya que el agrietamiento y el sistema fue de las mismas características, (grietas inclinadas a corte, desprendimiento del recubrimiento en la zona superior e inferior del machón y formación de rótula plástica antes de la falla)
- ✓ Fue imposible elaborar mezclas con valores de porcentaje de fibra añadida superiores al 2% de volúmen, ya que las fibras se traban entre ellas formando un amasijo de hierro que lo hace no trabajable.
- ✓ Los valores de carga máxima se obtuvieron para el modelo 3, es decir el construido con un porcentaje de 1% de fibra añadida.
- ✓ En lo que corresponde al desplazamiento lateral último, el mayor valor se obtuvo para el modelo 5, mezcla con 2% de fibra añadida.
- ✓ En base al comportamiento histerético y valores de carga y desplazamientos laterales obtenidos se puede concluir que el mejor desempeño se consigue en elementos construídos con un porcentaje de fibra añadida igual al 1% del volumen, resistiendo carga mucho mayor al modelo patrón pero presentando desplazamientos mayores, por lo que podría afirmarse que se tiene un elemento con mayor ductilidad.
- ✓ Puede afirmarse entonces que se pueden elaborar elementos estructurales (machones y vigas) de muros de mampostería confinada, con mezclas de concreto en la que se sustituya el agregado grueso por fibra metálica tipo Xorex, en un porcentaje del 1% de

volúmen, obteniendo elementos que soportan mayor carga lateral a deformaciones últimas superiores a las obtenidas para elementos elaborados con concreto convencional.

Por otro lado se plantean las siguientes recomendaciones:

- ✓ Ensayar modelos a escala para verificar el comportamiento de los machones en muros de mampostería confinada, elaborados con mezclas de concreto con fibra añadida.
- ✓ Realizar este estudio con otros tipos de fibras metálicas a fin de realizar un análisis comparativo.
- ✓ Llevar a cabo un estudio económico acerca de la influencia de la utilización de fibra en la mezcla de concreto en comparación con el concreto convencional

BIBLIOGRAFÍA

- ACI Materials Journal, Guide for Specifying, Proportioning, Mixing, Placing, and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete, ACI 5443R, Title No 90M10, January-February 1993
- Ahmad S y Shah A. Evaluation of Shear Strength of High Strength Concrete Corbels using Strut and Tie Model, The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 34 Nro 1B, April 2009.
- Arias F. (1999). *El Proyecto de Investigación*. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/asdrubal1990/el-proyecto-de-investigacion-fidias-arias>
- Aular, M (2011). *Guía para la elaboración de Proyectos Factibles*.
- Baptista, Fernández y Sampieri (2006). Metodología de la Investigación. Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/32801628/Sampieri-Metodologia-de-La-Investigacion>
- Gendrop, P., 2001, Diccionario de arquitectura mesoamericana: Ciudad de México, Trillas, 238 p.
- Marinilli A y Castilla E, Evaluación Sismoresistente de Muros de mampostería confinada con dos o más machones, Boletín Técnico IMME, Vol 45, Nro 2, Año 2007.
- Miranda, E, 2002. Comportamiento mecánico de la mampostería confinada. En: ICA (eds). Edificaciones de mampostería para vivienda. Capítulo 4. México D.F. p.73-83
- Páez M, Diego Fernando; Parra, Sonia; Montana, Carlos Andrés. Alternativa estructural de refuerzo horizontal en muros de mampostería. Rev. ing. univ. Medellín, Medellín, v. 8, n. 14, Jan. 2009 . Disponible en <http://www.scielo.org.co/scielo.php>
- San Bartolomé, Ángel Y Quiun, Daniel. *Propuesta normativa para el diseño sísmico de edificaciones de mampostería confinada*. IMME [online]. 2004, vol.42, n.2 [citado 2013-06-30], pp. 40-57. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php>
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador UPEL, (2005). *Manual de trabajo de grado de especialización y maestría y tesis doctorales, de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador*.