

Introducción

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Uno de los materiales con mayor diversidad de usos, desde la antigüedad hasta nuestros días, es la mampostería y se define como un material compuesto, integrado por piezas naturales o moldeadas artificialmente, acopladas entre si por un mortero adhesivo. Sus componentes han variado a largo del tiempo, desde rocas simples hasta las unidades industrializadas de arcilla y concreto, utilizándose ampliamente en la construcción de edificaciones.

El hecho de que la mampostería es un material elaborado por las manos del hombre invita a que se le agregue un efecto aleatorio sobre su calidad y resistencia para los propósitos de construcción. Esto hace de la mampostería un material interesante para estudiarlo a detalle.

El arreglo común de la mampostería en una edificación son los muros, estos se pueden definir por su función en una edificación. Una de las clasificaciones de muro es la del peruano San Bartolomé en 1994.

Tipo	Descripcion
Muros no cargadores	Los que no soportan carga vertical. Ejemplos: pretilas, bardas, parapetos, muros divisorios, etc.
Muros cargadores	Los que soportan cargas laterales y verticales, tanto en su plano como perpendiculares entre si. Ejemplos: muros confinados, muros reforzados, etc.
Muros diafragma	Se encuentran dentro de armazones estructurales de concreto y acero.

Tabla I.1. Clasificación de muros de mampostería según la función estructural. (San Bartolomé 1994).

Otra clasificación importante es de acuerdo al arreglo de refuerzo que tenga el muro, en los que además se relacionan con los métodos constructivos en cada región. Esta clasificación fue hecha por Tomazevic en 1999.

Tipo	Descripcion	Usado en
Muros confinados	Son aquellos en la que el refuerzo de acero se coloca dentro de elementos de concreto, de sección transversal pequeña, los cuales tienen dimensiones similares al muro. Este refuerzo de acero y concreto rodea al muro, lo confina.	Ampliamente usado en América Latina, en algunos países de Europa como Italia y Grecia, y en Asia en países como China e Indonesia.
Muros reforzados interiormente	En estos el acero de refuerzo se distribuye tanto vertical como horizontalmente, colocándolo entre las hiladas y dentro de las celdas de las piezas que conforman a la mampostería.	Este método constructivo es tomado única opción en países como Estados Unidos, Canadá, Nueva Zelanda y Japón.
Muros simples	Son muros sin ningún refuerzo de acero y de otro tipo, en la que se basa prácticamente en la resistencia de las piezas que lo conforman.	Estructuras temporales, comunidades pobres, autoconstrucción

*Tabla I.2. Clasificación de muros de mampostería según su refuerzo.
(Et al, Tomazevic 1999).*

En el siglo pasado, tras la segunda guerra mundial se estimularon a nivel mundial las investigaciones sobre la mampostería, normalmente por reacción ante desastres naturales ó incitados por el hombre.

Numerosos investigadores alrededor del mundo han hecho énfasis en el estudio del comportamiento de la mampostería, de acuerdo a la prioridad de cada región, aunque principalmente por los resultados obtenidos en sismos, que pueden ser buenos por una correcta elaboración y refuerzo o que lleven a daños considerables y colapso por malas prácticas constructivas y de diseño.

La investigación de la mampostería en México comenzó a partir de los años sesenta, después de los efectos sufridos en los sismos de 1957. Estas investigaciones fueron emprendidas por la Universidad Nacional Autónoma de México, a través del Instituto y Facultad de Ingeniería, continuando su labor hasta nuestros días. Se abarcaron en estos estudios la calidad de los elementos que conforman la mampostería, ensayes a diferentes arreglos de muros ya sean confinados, reforzados interiormente y muros diafragma.

La mayoría de las investigaciones se enfocaron: en los materiales existentes en México, que van del adobe hasta piezas industrializadas de arcilla y concreto; en el arreglo más utilizado de refuerzo que son los muros confinados.

Entre las investigaciones en México destacamos al Dr. Meli Piralla, que ha sido pionero en pruebas experimentales de mampostería, y estableció un estudio de muros de mampostería ante cargas cíclicas.

Investigadores	Año	Proyecto
Esteva	1961	Prueba en laboratorio de 47 muros a compresión axial.
Esteva	1966	Prueba de 27 muros diafragma a deformación cíclica.
Meli, Zeevaert y Esteva	1968	Disipación de energía en 18 muros, de concreto y ladrillo, ante carga cíclica.
Salgado y Meli	1969	Prueba de 48 muros en cargas alternadas.
Madinaveitia y Rodríguez	1970	26 muros de bloque de concreto, ladrillo de barro recosido macizo y hueco, y ladrillo asfáltico a carga axial.
Madinaveitia	1971	38 muros de ladrillo de barro hueco y bloque de concreto hueco, a cargas verticales excéntricas.
Meli y Hernández	1971	Propiedades mecánicas de piezas de mampostería de la Ciudad de México.
Meli y Reyes	1971	Estudio estadístico de pilas y muretes a compresión diagonal, con diferentes tipos de piezas.
Meli y Hernández	1975	Relación distorsión-agrietamiento en 20 muros y 200 muretes a compresión diagonal.
Hernández y Meli	1976	Carga lateral alternada en 15 muros de bloque de concreto y ladrillo de barro confinados.
Hernández	1977	Muros de bloques de concreto, con juntas de mortero de fibra de vidrio
Meli	1979	Recomendaciones para el diseño sísmico de estructuras de mampostería.
Bazán, Padilla Y Meli	1980	Estudios generales sobre el comportamiento del adobe como pieza en muros de mampostería en zonas rurales.
Hernández, Meli, Padilla y Valencia	1981	

Tabla. 1.3. Cronología de algunas investigaciones relevantes en materia de mampostería en México.

La importancia de estas investigaciones son sus aplicaciones en el diseño estructural y los procesos constructivos de la mampostería. Esto llevo a la normalización de las construcciones en mampostería en México, cuyas recomendaciones han sido aplicadas por diversos países para elaborar sus normas locales.

Una edificación consta de varios elementos, en el caso de vivienda se tienen los muros, columnas, losas, marcos, etc. Se analiza al conjunto de estos elementos como una estructura, en las que intervendrán los cálculos estructurales y de mecánica de materiales.

En el análisis estructural se estudian diversas causas que pueden afectar una edificación, como son el peso propio, el peso temporal y acciones accidentales (Fig. I.1), que se valúan como cargas. Los efectos a los que estará sometida una edificación son los desplazamientos y esfuerzos internos en los materiales que la conforman. Para llevar a cabo el análisis es necesario estimar las propiedades mecánicas de los materiales con los que se piensa se construirá la obra y así con todas estas disposiciones se podrá justificar la seguridad de la edificación.

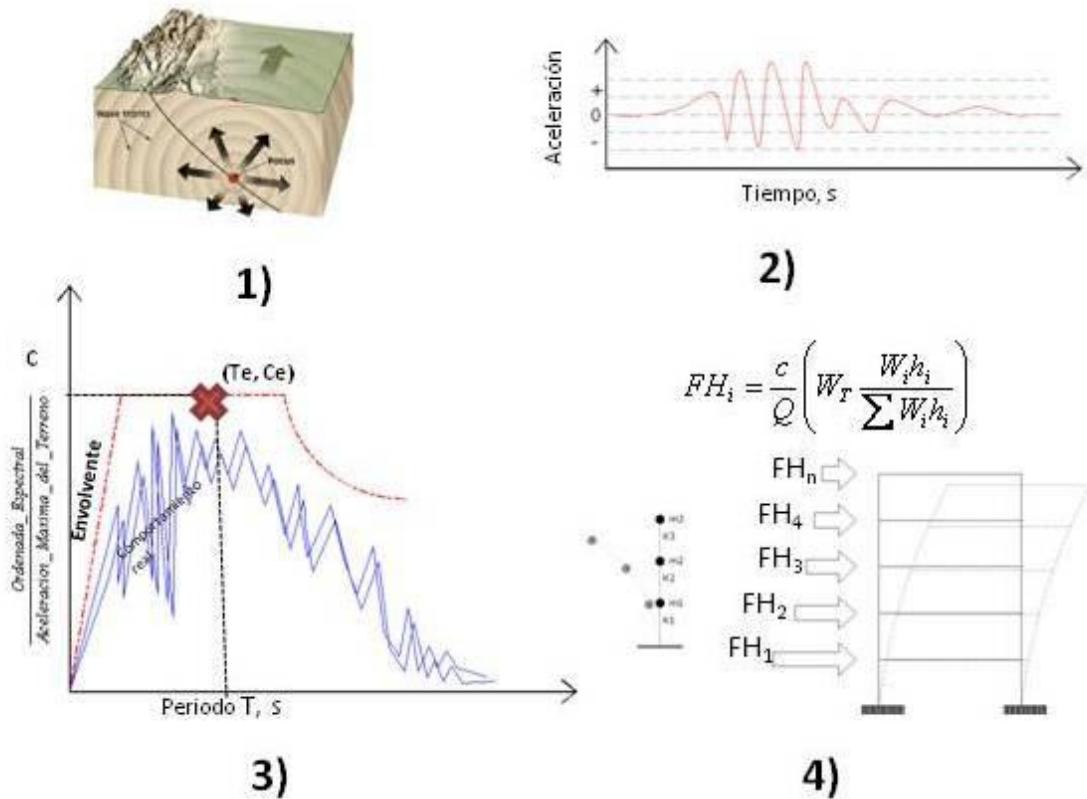


Fig. I.1. *Estimación de las fuerzas laterales a una estructura ocasionadas por sismo: 1) Se toma en cuenta el origen del sismo y el tipo de suelo en que se hará el análisis¹, 2) Después se analizan el máximo histórico con acelerogramas, 3) Se elaboran espectros de diseño con las aceleraciones de suelo en la zona de análisis, 4) Se estiman fuerzas estáticas laterales en una estructura de acuerdo a su periodo natural de vibración en la zona de análisis.*

Una de las teorías en mecánica de materiales es el comportamiento elástico lineal, que supone a un elemento deformarse proporcionalmente a la fuerza que se le aplica, y que al dejársele de aplicar regrese a su forma original, tal y como lo hace un resorte. Como no todos los materiales se comportan así, se busca un pequeño rango de desplazamientos donde sí ocurra dicha teoría y se le asigna una componente llamada **rigidez**, que es la razón de fuerza aplicada con los desplazamientos obtenidos en

¹ E. J. Tarbuck, Ciencias de la Tierra, Sismos

dicho material. Esto ha llevado al análisis de varios modelos que suponen el comportamiento ante cargas laterales.

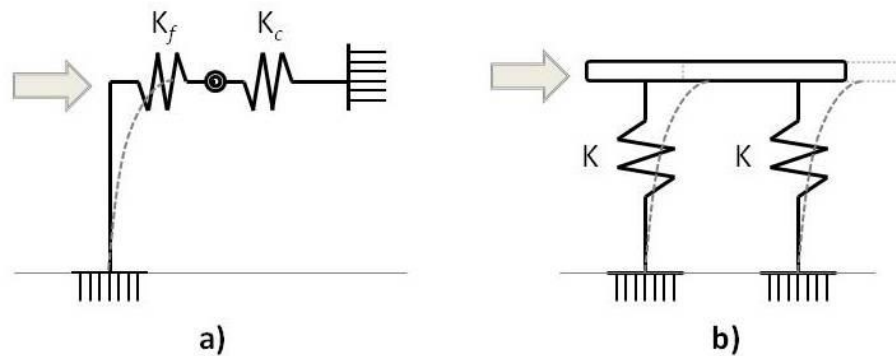


Fig. 1.2. Modelos de análisis ante cargas laterales: a) Modelo de columna ancha con rigidez por flexión (K_f) y cortante (K_c), b) Modelos de marco con losa rígida.

Con las estimaciones de carga lateral se establece en el diseño que las edificaciones se comporten homogéneamente y eviten lo posible torsión, esto lleva a la suposición de que sus desplazamientos fueran iguales por piso. Esto lleva a analizar elementos de una edificación para que su comportamiento sea normalizado y semejante. Para explicar esto, definimos la siguiente estructura (Fig. 1.3).

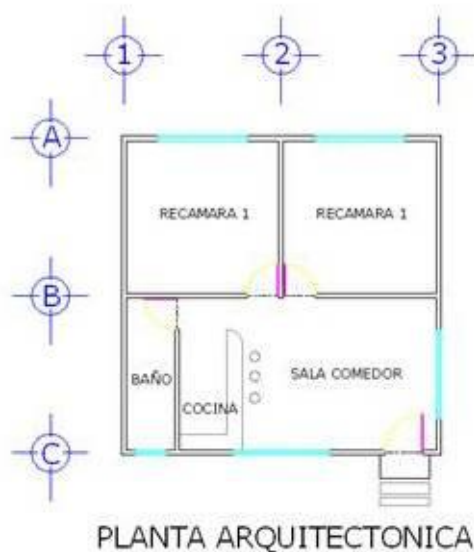


Fig. 1.3. Planta arquitectónica y vista perspectiva de vivienda tipo

En este sencillo modelo, se establece que cada elemento de la edificación tendrá una componente elástica de rigidez, en este caso las componentes de la edificación son los muros. De acuerdo al sentido de la carga lateral, las componentes de la edificación tomarán esta carga de acuerdo a su rigidez y posición.

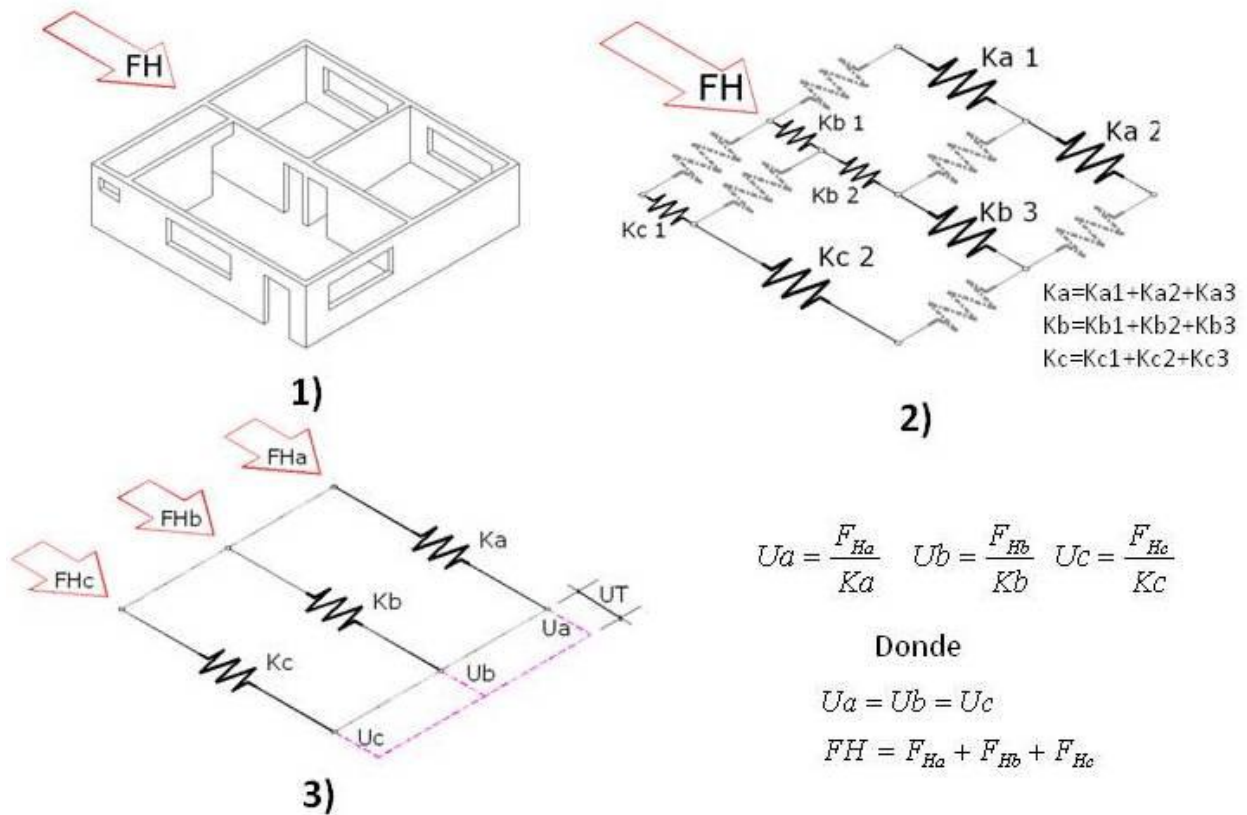


Fig. I.4. Esquema de rigideces en una vivienda, tomando una fuerza lateral FH en una dirección: 1) Simplificación de elementos estructurales, 2) Rigideces por eje, resaltando las que se utilizarán en la dirección de FH y 3) Reducción total de rigideces por eje y distribución de FH por eje.

Como se puede observar, la determinación de la rigidez para cada elemento de muros es vital para la consolidación de su diseño. Debido a la gran cantidad de tamaños y arreglos de muros su rigidez varía, lo que hace que en algunos casos se refuerce algún elemento para cumplir la suposición del desplazamiento homogéneo en cada piso.

Para el cálculo estructural de una edificación, es de gran utilidad el valor preciso de la rigidez lateral de cada elemento, determinando siempre el tipo de material y tipo de refuerzo, además de poder determinar las variaciones en el comportamiento debido a su relación de aspecto, es por ello que esta tesis se enfoca en los resultados obtenidos experimentalmente de rigidez lateral, en muros de diferente relación de aspecto y con un tipo de material utilizado actualmente en viviendas multifamiliares: el tabique de arcilla multiperforado de producción industrial.

MOTIVACIÓN

La vivienda es una de las mayores inversiones que una persona o familia hace en su vida, y es la base del desarrollo humano. Al ser la mampostería el material que se usa cotidianamente en construcciones del tipo de vivienda, las investigaciones sobre su comportamiento estructural tienen gran impacto para garantizar la seguridad de las personas que en ella habitan.

En los últimos años, la utilización de piezas multiperforadas de arcilla de fabricación industrial en la construcción de vivienda, ha creado cierta incertidumbre acerca del posible desempeño de este tipo de material en las construcciones, sobre todo si tomamos en cuenta que estas piezas han sido utilizadas en gran escala para complejos multifamiliares.

El planteamiento sobre el análisis de esta investigación se ha basado en considerar muros confinados, utilizando el tipo de pieza multiperforada de arcilla, teniendo variaciones de longitud, para tener resultados que enfoquen a la comparación de rigidez lateral de acuerdo a su relación de aspecto.

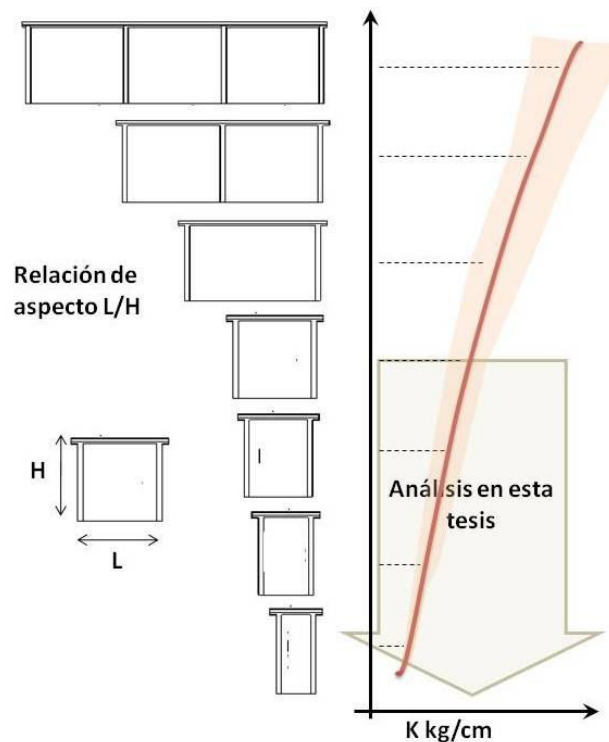


Fig. I.5. Relación de aspecto de muros H/L (H =altura, L = longitud), posible comportamiento de rigideces laterales, y zona de análisis.

Los procedimientos de análisis que se utilizarán para predecir el comportamiento teórico serán basándose en las pruebas a las piezas y materiales que conforman los especímenes. El modelo de

columna ancha y el Método del Elemento Finito (MEF), se manejaran en este caso para poder tener una simulación de desplazamientos con desarrollada exactitud, debido a que el rango elástico de desplazamiento lateral en la mampostería se encuentra cercano a la decima de milímetro.

OBJETIVO

El objetivo específico de este estudio será el obtener la rigidez de los muros de mampostería en su etapa elástica lineal comparando los resultados experimentales con los teóricos, considerando su relación de aspecto.

Se evaluará la calidad de los materiales que se utilizaron en su construcción para su análisis general en los modelos teóricos, las pruebas de calidad de materiales son:

- Pruebas a piezas de tabique multiperforado a carga axial, para obtener su resistencia a compresión.
- Pruebas a pilas de tabique multiperforado a carga axial para la obtención de su componente elástica, y su resistencia a la compresión.
- Pruebas a muretes de tabique multiperforado a tensión diagonal, para la obtención de su componente elástica de cortante, y su resistencia al cortante.
- Pruebas a los morteros utilizados en la construcción de los muros, a carga axial, para verificar resistencia a compresión.
- Pruebas a cilindros de concreto correspondientes a castillos, dalas y losa, a carga axial, para obtener su componente elástica y su resistencia a compresión.

Durante las pruebas se analizara la distribución de grietas en los especímenes, que indican cual fue su falla o esfuerzo al que estuvo sometido.

Se compararan los resultados experimentales de esfuerzos de cortante con los recomendados por las Normas Técnicas vigentes para mampostería, los cuales se basan en el agrietamiento inicial de los muros.

Para la simulación en el **rango elástico lineal** de los especímenes, se hará un modelo virtual al cual se le agregaran las propiedades obtenidas de las piezas que conformaron el modelo experimental, para esto, se utilizará un programa de cómputo comercial avanzado utilizando el método del elemento finito (Halibulah 2005) para comparar los desplazamientos, deformaciones y distorsiones de los modelos en simulando las pruebas de carga lateral para cuatro muros. También se utilizará el modelo matemático de columna ancha para determinar rigideces laterales y comparar desplazamientos.

Se compararan rigideces laterales, normalizando los resultados con respecto al muro de relación de aspecto igual a 1, que son la base para la variedad de relaciones de aspecto.

ALCANCES

La siguiente investigación tiene el propósito de obtener los resultados experimentales variando relación de aspecto, aunque la serie de ensayos es muy general implicando teoría plástica de deformación, para efectos de esta tesis se acotara en su etapa elástica lineal. Se utilizaran modelos matemáticos simples, para la aproximación de resultados teóricos.

Para la serie de ensayos se evaluaron siete muros que forman parte del programa del proyecto de la SMIE y CENAPRED, en este caso esta acotado a los muros analizados en el Instituto de ingeniería de la UNAM, el cual consto de cuatro modelos. Los modelos restantes fueron ensayados en el CENAPRED y serán sujetos a análisis por parte del Instituto de Ingeniería.

Los resultados obtenidos serán relevantes para la utilización práctica de este material en futuras construcciones y para evaluar las ya existentes. Este estudio servirá para la recomendación de seguridad estructural en las miles de viviendas que utilizan este tipo de piezas.