



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN
INGENIERIA**

FACULTAD DE INGENIERIA

**INFLUENCIA DEL ESPESOR DE LA JUNTA
EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS
DE MAMPOSTERÍA DE TABIQUE**

TESIS

PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA

**INGENIERIA CIVIL – GESTION ADMINISTRATIVA DE LA
CONSTRUCCION**

**P R E S E N T A :
ING. GUSTAVO PARRAL ROBLES**

**DIRECTOR DE TESIS:
ING. JUAN LUIS COTTIER CAVIEDES**



Año 2007

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M.I. Fernando Favela Lozoya

Secretario: M.I. Salvador Díaz Díaz

Vocal: Ing. Juan Luis Cottier Caviedes

1^{er} Suplente: Dr. Jesús Hugo Meza Puesto

2^{do} Suplente: Ing. Ernesto R. Mendoza Sánchez

TUTOR DE TESIS:

Ing. Juan Luis Cottier Caviedes

FIRMA

Dedicatorias

Este trabajo esta dedicado principalmente a mis padres que siempre han estado conmigo aún cuando no se encontraran físicamente a mi lado y que han sido siempre mi principal ejemplo e inspiración.

A mi familia que me apoyo al momento de realizar mi carrera brindándome un apoyo incondicional y lo que para mi fue mi segundo hogar.

A mis amigos con los cuales he compartido diferentes etapas de mi vida trayendo consigo momentos de mucha alegría.

Y por ultimo a todas las personas que a lo largo de mi vida me han enseñado diversas experiencias las cuales me han servido de ejemplo e inspiración a lo largo de mi vida.

Agradecimientos

Agradezco principalmente a todos los maestros que me han instruido a lo largo de mi vida, los cuales me han ayudado en base a su paciencia y enseñanza a ser la persona que soy.

A mi asesor de tesis el Ing. Juan Luis Cottier Caviedes que en base a su experiencia y conocimientos me ayudo a realizar este trabajo.

A mis maestros de la UAS que me brindaron todo el apoyo para poder realizar las pruebas en el laboratorio de la institución contando con su asesoría en todo momento.

A conacyt por el apoyo económico que me brindo durante la realización de la maestría y sin el cual me hubiera sido imposible llevarla a cabo.

Y por ultimo a todas y cada una de las personas que en base a su experiencia me han orientado durante la realización de mis estudios.

ÍNDICE.

AGRADECIMIENTOS

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
JUSTIFICACIÓN.....	8
METODOLOGÍA.....	9
OBJETIVOS.....	10
i. Objetivo general.....	10
ii. Objetivo específico.....	10

CAPÍTULO I.- DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS A REALIZAR

I.1.- MATERIALES.....	13
I.1.1.- Piezas de tabique.....	13
I.1.1.1.- Resistencia a compresión.....	14
I.1.1.2.- Módulo de ruptura.....	18
I.1.1.3.- Absorción total y Peso Volumétrico.....	22
I.1.1.4.- Absorción inicial.....	26
I.1.2.- Morteros.....	31
II.1.2.1.- Resistencia a compresión morteros.....	33
I.2.- MAMPOSTERÍA.....	45
I.2.1.- Resistencia a compresión.....	46
I.2.2.- Resistencia a tensión diagonal.....	57
I.2.3.- Adherencia.....	68

CAPÍTULO II.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

II.1.- MATERIALES.....	77
II.1.1- Piezas de tabique.....	77
II.1.1.1.- Resistencia a compresión.....	77
II.1.1.2.- Módulo de ruptura.....	80
II.1.1.3.- Absorción total y Peso Volumétrico.....	81
II.1.1.4.- Absorción inicial.....	82
II.1.2- Morteros.....	84
II.2.1.- Resistencia compresión morteros.....	84
II.2.- MAMPOSTERÍA.....	87
II.2.1.- Resistencia a compresión.....	87
II.2.2.- Resistencia a tensión diagonal.....	92
II.2.3.- Adherencia.....	96

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	102
DEDICATORIA	

INTRODUCCIÓN

Antecedentes del problema.-

La historia de la humanidad va de la mano con su necesidad de tener un lugar en donde protegerse de las inclemencias de la naturaleza. El hombre ha buscado para ello, materiales accesibles que sean fáciles de utilizar y que proporcionen la mayor comodidad. La mampostería ha sido utilizada por nuestros antecesores desde tiempos remotos muestra de ello es la existencia de un sin fin de obras, algunas de ellas reconocidas mundialmente.

Es probable que la mampostería haya sido inventada por un nómada. Sin embargo, como la transmisión de técnicas o ideas era muy lenta o no ocurría, la “invención” seguramente tuvo que repetirse innumerables veces. El proceso inmediato en el desarrollo de la mampostería debió ser la utilización del mortero de barro, el cual permitió no sólo apilar, sino acomodar o asentar con más facilidad, y a mayor altura, las piedras irregulares naturales. Este paso se dio, seguramente, cuando se comenzaron a integrar las primeras aldeas.



Como mampostería se entiende la elaboración de estructuras mediante la disposición ordenada de unidades las cuales pueden ser: bloques de piedra labrada o no, piedras de barro, etc, cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con las del elemento que se va

a construir (muro, bóveda, etc.), y cuyo peso y tamaño depende del sistema de manejo que se vaya a emplear.

Mampostería es un sistema constructivo compuesto por dos elementos básicos: las piezas y el mortero.

Las piezas son los elementos principales que conforman la mampostería y pueden ser naturales o artificiales. Existe una diversidad de piedras artificiales, que difieren entre sí, tanto por la materia prima utilizada, como por las características geométricas de las piezas y por los procedimientos de fabricación. Las materias primas más comunes son la arcilla y el concreto. Dependiendo de la configuración de las piezas, éstas pueden ser sólidas o huecas y los procesos que se siguen para su fabricación son artesanales o industriales.

A su vez el comportamiento global de la mampostería depende del tipo de mortero que se use (el mortero es una mezcla plástica que resulta de combinar arena y agua con un material cementante que puede ser cemento, cal, o una mezcla de estos materiales). La función principal de la junta de mortero para mampostería es la adecuada unión de las piezas, tal que trabajen siempre como un conjunto.

Todas las mezclas deberán tener las siguientes propiedades:

- Manejabilidad durante su aplicación.
- Resistencia adecuada después del fraguado.
- Baja contracción para evitar se agriete una vez seco.

Según el tipo de junta, la mampostería puede ser: al tope cuando no tiene ningún elemento de unión en las juntas entre las unidades; y pegada cuando existe una capa de mortero en las superficies o puntos de contacto entre las unidades, ósea en las juntas.

Desde el punto de vista constructivo, la mampostería puede ser estructural, cuando los muros que conforma deben soportar tanto su propio peso como las cargas horizontales y

verticales actuantes sobre sus planos y no estructural cuando los muros deben soportar tan solo su propio peso y servir como división entre dos espacios.

La construcción con mampostería tiene varias ventajas respecto a otros materiales, tales como el acero y el concreto, como son estética, térmica, resistencia al fuego y construcciones económicas. Su uso en la ingeniería moderna dependerá en gran medida del conocimiento de su comportamiento ante diferentes solicitaciones (Sucuoglu y Mcniven, 1991).

Por otro lado, la mampostería puede ser reforzada o no reforzada. La mampostería reforzada incluye refuerzo en el interior de las piezas huecas o la colocación de elementos de confinamiento verticales, que se les denomina castillos, así como elementos horizontales, conocidos como dalas.

El elemento estructural más común en la construcción de edificios de mampostería, lo constituye el muro de carga, el que a su vez puede estar sujeto a cargas en su plano o fuera de éste. Dichas cargas pueden producir varios tipos de fallas, como son: fallas por compresión, por cortante y por flexión, todas ellas caracterizadas por su propio patrón de agrietamiento (Fundación ICA).



La necesidad de resultados experimentales para el diseño de muros estructurales de mampostería en la ciudad de Culiacán ha sido manifestada por los ingenieros estructuristas y constructores en general. A pesar de ello no se encuentran en la localidad un documento técnico que describa las propiedades de la mampostería que se

utiliza. Para diseñar estos elementos, emplean resultados correspondientes a normas técnicas contenidas en documentos tales como el Reglamento del D.F. y especificaciones ACI entre otros. Sin embargo las variaciones mencionadas anteriormente hacen suponer que estos datos pueden estar lejos de los resultados reales.

Planteamiento del problema.-

Actualmente, en un alto porcentaje de obras de ingeniería, se emplea la mampostería como elemento constructivo. Sin embargo, no se tiene para la ciudad de Culiacán investigaciones profundas que traten sobre ellas.

En la actualidad en el Estado de Sinaloa, los espesores de los morteros necesarios para las uniones en la mampostería de tabique son elaborados de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Construcción de la Ciudad de Culiacán que fue hecho en base al Reglamento de Construcción del Distrito Federal (RCDF), especifica que se debe de utilizar un espesor de junta de 1.5 cm con lo cual se cumpliría la especificación con la cual fue diseñado. Sin embargo es muy común observar en las diferentes construcciones que están siendo llevadas a cabo que el espesor con el cual son elaboradas las juntas tienden a ser de espesores que van de 1.5 a 3 cm o inclusive mayores, por lo cual se observa que no se esta usando el espesor recomendado.

De acuerdo a anteriores investigaciones realizadas “Tenemos que a mayor espesor de la junta se tiene una resistencia menor a cortante y compresión.”

Por tal motivo es de vital importancia conocer las características de los diferentes tipos de juntas que en conjunto con piezas de tabique se someterán a pruebas de laboratorio para conocer de manera más certera la manera de trabajar de la mampostería con diferentes espesores de junta de acuerdo a diferentes tipos de carga.

Se sabe que no es fácil predecir las propiedades de la mampostería y sus componentes, dadas las variaciones en los métodos de fabricación y los materiales que son usados, los cuales varían de acuerdo al sitio, por ser un elemento heterogéneo, es por esta razón la conveniencia de la realización de estas pruebas que nos permitan conocer las características de comportamiento de la mampostería así tener un adecuado grado de

certidumbre al momento de realizar un determinado diseño de una determinada construcción donde se utilice este material.

Una vez realizadas todas las pruebas de laboratorio se obtendrán una serie de datos que nos señalaran las resistencias a compresión y cortante de acuerdo al tipo de mortero y al espesor del mismo.

Justificación.-

Esta investigación es realizada con la intención de generar información que nos permitan observar las características de trabajo de los muros de mampostería realizados en la ciudad de Culiacán y así poder tener datos que se apeguen de manera más acertada a la realidad existente en dicha zona.

Una vez analizados estos datos se logrará tener muros de tabiques recocidos que nos resulten mas eficientes con respecto a lo proyectado desde el diseño estructural para el cual fue elaborado dicha construcción.

Así mismo permite observar a los diferentes maestros de obra relacionados con el ramo de la construcción otra alternativa a valorar para la elaboración de un determinado proyecto.

En la actualidad se tiene que en el Estado de Sinaloa se presentan las siguientes cifras en cuanto a la relación de viviendas de acuerdo al material predominante en paredes:

Material	Vivienda	
	Absoluto	Relativo
Entidad (Sinaloa)	572816	100
Material de desecho	1220	0.2
Lámina de cartón	11914	2.1
Lámina de asbesto y metálica	15039	2.6
Carrizo, bambú y palma	1352	0.2
Embarro y bajareque	3384	0.6
Madera	8379	1.5

Adobe	24679	4.3
Tabique, Ladrillo, Block, Piedra, Cantera, Cemento y Concreto	504259	88
No especificado	2590	0.5

Fuente.- INEGI

De acuerdo a la tabla se nota la importancia de los muros de mampostería de tabique ya que nos representa un alto porcentaje en cuanto a la constitución de una determinada vivienda.

Metodología

Este trabajo se enfoca a la mampostería no reforzada de tabique sólido de arcilla producidos artesanalmente y unidos con tres diferentes tipos de mortero (Mortero tipo I, II y III) según la clasificación dadas por el RCDF. La junta variará en cuatro diferentes espesores (1.5 cm, 2cm, 3cm y 4 cm).

Se investigaran propiedades que nos permitan conocer el comportamiento de la mampostería mediante la realización de pruebas y ensayos basándose a lo especificado en las normas NMX. Las pruebas realizadas en piezas de tabique son: Absorción inicial, modulo de ruptura, densidad y compresión. Al mortero también se le determinó su resistencia a la compresión. Por ultimo tenemos que se realizaron a la mampostería pruebas para determinar su resistencia a la compresión, tensión diagonal y adherencia. Esto teniendo en cuenta que existirán tal vez otras pruebas por realizar pero se deja para un estudio posterior.

En este estudio las piezas de tabique que se utilizaron provenían de la misma fábrica y provenían del mismo lote (horneada) de fabricación. Debido a que durante la fabricación de las piezas se presentan variaciones en cuanto a las características de un lote a otro teniendo como resultado que las mismas presenten capacidades diferentes.

Para la realización de los diferentes especímenes de prueba se contrató a un albañil. Además las muestras fueron colocadas a la intemperie para intentar apegarnos a la realidad prevaleciente en la zona, es decir, la forma de actuar de la mampostería al estar expuesta en el medio.

Objetivos

Objetivo general.

Analizar o identificar las características de los diferentes tipos de juntas al variar la resistencia del mortero y el espesor de la misma, mediante pruebas de laboratorio que nos permitan conocer las propiedades físicas y mecánicas de la mampostería.

Objetivo específico.

Objetivo específico.-

- Hacer una determinación de las características físicas y geométricas de las piezas de tabique de arcilla usadas en el estudio.
- Elaborar pruebas a cortante, compresión, y adherencia a la mampostería que nos permitan determinar sus propiedades físicas y mecánicas.
- Comparar los resultados obtenidos con los establecidos por otros estudios anteriormente realizados.
- Analizar determinadas recomendaciones que se pudieran hacer para poder continuar con este estudio que nos permita obtener un determinado reglamento de construcción para el Estado de Sinaloa.

CAPÍTULO I.-DESCRIPCION DE LAS PRUEBAS A REALIZAR

Dentro de este capítulo se describirá la manera en que se llevaron a cabo todos los procesos para la realización de los ensayos de nuestro estudio, así como el proceso de fabricación de las muestras. Todo esto basándose en las Normas Mexicanas así como del código ASTM.

Para conocer el comportamiento de la mampostería es necesario realizar modelos a escala que nos permitan observar las propiedades mecánicas y físicas de la mampostería lo cual nos lleve a realizar un análisis y diseño lo mas apegado a la realidad posible.

Se pretende la generación de gráficos o fotos que nos permitan ilustrar de manera mas clara la forma en la cual fueron llevados a cabo la realización de ensayos, así como los procesos de fabricación de las muestras.

En este trabajo se llamara junta a la boquilla que se encuentra en la superficie de arriba o abajo del tabique, así como en los lados de la pieza.

Las propiedades mas importantes a determinar para la mampostería y sus componentes son las siguientes:

Piezas de tabique

- Compresión
- Módulo de ruptura
- Resistencia al corte
- Absorción y densidad
- Absorción inicial
- Módulo de elasticidad

Mortero

- Compresión
- Módulo de elasticidad

Mampostería

- Compresión perpendicular y paralela a las juntas
- Módulo de ruptura perpendicular y paralelo a las juntas
- Resistencia al corte
- Módulo de elasticidad
- Relación de Poisson

En este estudio se estudiarán las siguientes propiedades

Piezas de Tabique

- Compresión
- Módulo de ruptura
- Densidad
- Absorción inicial

Mortero

- Compresión

Mampostería

- Compresión
- Tensión diagonal
- Adherencia

I.1.- MATERIALES

I.1.1.- PIEZAS DE TABIQUE

De acuerdo al objetivo de este estudio se tienen tabiques sólidos los cuales fueron producidos artesanalmente. Lo cual se debe principalmente al amplio uso que se tiene de este material en la elaboración de vivienda.

Se compraron 1800 piezas de tabique para la elaboración del total de las pruebas esto tomando en cuenta los alcances de este trabajo. Se tomaron todas las muestras de un solo proveedor y las cuales fueron producto de la misma horneada.

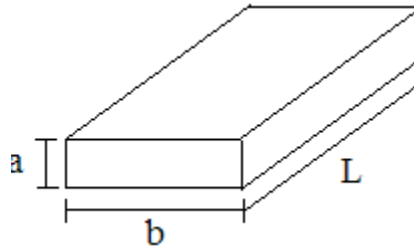
Con el objeto de conocer las propiedades mecánicas de la mampostería es necesario el determinar de manera particular las propiedades de las piezas y la junta de mortero. Esto con el objeto de poder analizar de mejor manera las propiedades en conjunto de la mampostería.

De acuerdo a las pruebas que se llevaron a cabo se requirió la siguiente cantidad de piezas:

Compresión	6 piezas
Absorción inicial	10 piezas
Absorción final	10 piezas
Módulo de ruptura	10 piezas

Propiedades geométricas

Se definen las dimensiones de acuerdo a la norma NMX-C-404 y la ASTM C 43-92a, las cuales lo describen de la siguiente manera: la altura es la dimensión vertical de la unidad en la cara de una pared, el ancho es la dimensión diseñada para estar situada en ángulos rectos perpendicular a la cara de una pared y la longitud es la dimensión horizontal de la unidad en la cara de la pared. En este caso se llaman a, b y L a las tres dimensiones respectivamente.



Para conocer las dimensiones se registra el promedio de cuatro medidas tomadas en los puntos medios de las cuatro caras que las definen según se especifica en la norma ASTM C 67-92a.

I.1.1.1.- Resistencia a Compresión

Desde el punto de vista estructural la resistencia a la compresión de los tabiques es uno de los componentes más importantes para conocer de manera indirecta la resistencia de un determinado muro de mampostería, ya que de acuerdo a estudios anteriormente realizados este parámetro junto con la resistencia del mortero nos determinan en gran medida la calidad de la mampostería.

Debido a que las piezas de tabique son elaboradas de forma artesanal esto da como resultado que su calidad sea incontrolable y muy variable. Lo cual deja por entendido que se tenga que estudiar en forma particular la resistencia a compresión que ofrece cada empresa dedicada a la fabricación de tabiques.

Es necesario que durante la realización de un determinado diseño el ingeniero estructuralista tenga en cuenta las variaciones que existen de una pieza a otra en cuanto a sus propiedades mecánicas y así poder realizar una propuesta estructural con un razonable margen de seguridad.

La resistencia a compresión se determinará para cada tipo de piezas de acuerdo con el ensaye especificado en la norma NMX-C-036.

Dicha norma nos señala que la muestra para hacer las determinaciones se obtiene de manera aleatoria tomando 5 especímenes de cada lote de 10 000 piezas o fracción si es en planta, en obra se puede tomar una muestra de 5 especímenes por cada entrega.

Para el caso en que las unidades que forman la muestra sean Tabiques deben probarse cinco unidades completas, sin fallas ni fisuras y con sus caras razonablemente paralelas, que representa el lote de entrega, debidamente marcados para su identificación.

Dentro de esta norma se señala la forma en que se determinará la resistencia a compresión del lote de tabiques, todo esto especificando el procedimiento, equipo y material necesarios para poder llevarse a cabo. Dichos componentes se describen a continuación.

Material y Equipo

- Azufre
- Agua
- Olla eléctrica
- Maquina de prueba
- Placa para cabeceo y ensayos
- Cinta métrica
- Nivel de mano

Procedimiento

Del lote total se toman 6 muestras. Una vez que se tienen las muestras se prosigue a colocar el azufre en la olla eléctrica. Mientras tanto se procede a colocar la placa para cabeceo a la cual se verifica que se encuentre nivelada y que sea metálica.

El paso siguiente es el colocar el azufre en la placa para cabeceo una vez colocado el azufre inmediatamente después se coloca la pieza, asegurando que las caras sean paralelas entre si y observando que no queden huecos entre la superficie de la pieza y la cubierta de azufre.

Enseguida medir y calcular el promedio de las dos dimensiones base de la pieza para obtener el área neta de contacto.

Colocar la probeta entre dos placas metálicas firmemente posicionadas con el centroide de sus superficies que va a recibir la carga alineado con el centro del bloque de carga de acero de la maquina de prueba. La carga se aplica en dirección de la altura de la sección del tabique.

Aplicar la mitad de la carga que se espera como máximo, a una velocidad conveniente después de la cual se ajustan los controles de la máquina lo necesario para dar una velocidad constante, de tal modo que la carga restante no se aplique en menos de uno ni más de dos minutos.

Finalmente se toma la carga máxima que registro la maquina de ensaye.



Figura 1.- Procedimiento de carga ensaye a compresión

Cálculo

$$R = \frac{F}{A}$$

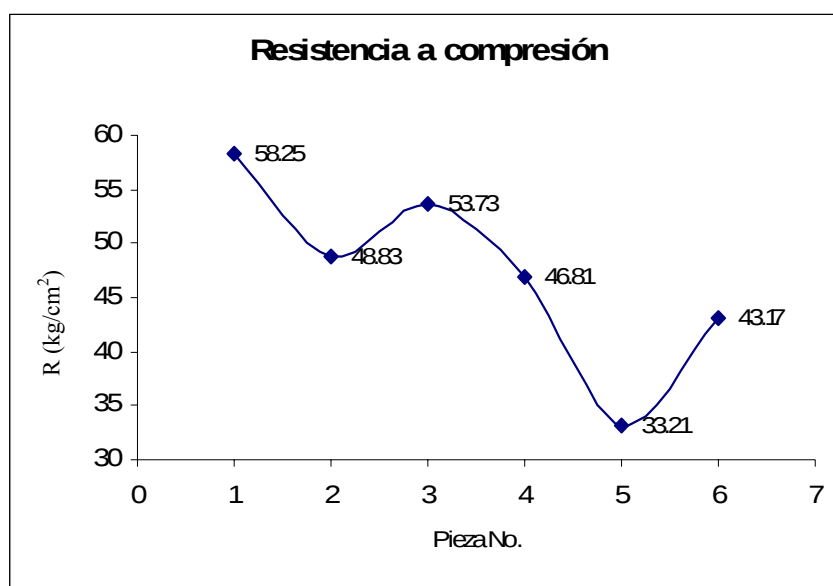
Donde:

- | | |
|---|---|
| R | Es la resistencia a la compresión en Mpa (kgf/cm ²) |
| F | Es la carga máxima en N (kgf) |
| A | Es el área transversal del espécimen |

Resultados

Tabla 1.- Resultados a compresión de piezas de tabique enteras

Muestras.- Resistencia a compresión					
Tabique	b (cm)	L (cm)	$\bar{A}$ (cm ²)	F (kg)	R (kg/cm ²)
I-1	12.70	25.20	320.04	10630	33.21
I-2	12.60	25.00	315.00	13600	43.17
I-3	12.70	25.30	321.31	15040	46.81
I-4	12.80	25.60	327.68	16000	48.83
I-5	12.80	25.30	323.84	17400	53.73
I-6	12.50	25.60	320.00	18640	58.25
μ	12.68	25.33	321.31	15218	47.33
σ	0.18	0.33	1.31	4588	14.12
$R^* = 25.24 \text{ kg/cm}^2$			$C_p = 0.35$		



Grafica 1.- Resistencia a compresión de 6 piezas de tabique

Observaciones

Se ensayo la sección completa de la pieza de tabique de lo cual se obtuvo que se presentaron grietas verticales, por lo general dichas grietas aparecieron en las esquinas de la pieza.

I.1.1.2.- Módulo de ruptura

Durante mucho tiempo se ha tenido que un problema en las construcciones de mampostería de tabique es su capacidad para soportar deformaciones angulares de cierta magnitud, las cuales pueden ser provocadas por hundimientos diferenciales que a su vez provocan tensión en las piezas de tabique lo cual genera grietas.

Una medida para conocer una estimación de la resistencia a la tensión de la mampostería es realizar ensayos a piezas de tabique donde se determine el módulo de ruptura.

La norma ASTM C 67-92a para la determinación de la resistencia al módulo de ruptura de tabiques nos señala que se debe de seguir el procedimiento siguiente, además de contar con el equipo que a continuación se señala:

Material y equipo

- Anillo
- Agua
- Nivel de mano
- Cinta métrica
- Máquina de ensaye

Procedimiento

Las unidades de ensaye consistieron en piezas completas. Se ensayaron 10 piezas a las cuales se le tomo la medida promedio a cada una de sus tres secciones.

Para el ensaye se dividió la pieza en tres secciones a lo largo de su eje más largo ($L=25$ aproximadamente) por una de sus caras la cual especifica los dos puntos de apoyo. Dichos puntos se tomaron con separaciones constantes al extremo de cada lado de la pieza asegurando que quedara un espacio de por lo menos 1 pulgada, con lo cual se cumple con la norma.

Se debe asegurar que los apoyos estén libres de rotar en las direcciones horizontal y transversal del espécimen y que no se ejerzan fuerza alguna sobre ellos en esas direcciones.

Por el otro lado de la pieza se trazo una línea que especificaba el centro de la pieza en donde se aplicará la carga.

Una vez que se establezcan las medidas en las piezas está se coloca en la máquina de ensaye donde ya se encuentran los apoyos a la medida anteriormente señalada. En la parte superior de la pieza sobre las placas se coloca el anillo que medirá la deformación máxima que soportara la pieza.

Por ultimo se debe asegurar apoyar los especímenes de prueba horizontalmente y aplicar la carga en dirección del espesor de la pieza. Se empieza a cargar girando un mecanismo que permite bajar la superficie de contacto misma que provoca carga en la pieza, esto procurando tener una misma velocidad en la aplicación de la carga. Todo lo anterior se observa en la figura siguiente:



Figura 2.- Ensayo de una pieza de tabique para determinar el módulo de ruptura

Anotar la deformación máxima registrada en el anillo.

Calculo

$$R = \frac{M C}{I}$$

Donde:

R = Módulo de ruptura del espécimen en el plano de falla.

M = Momento en la sección transversal del tabique ($M = PL/4$)

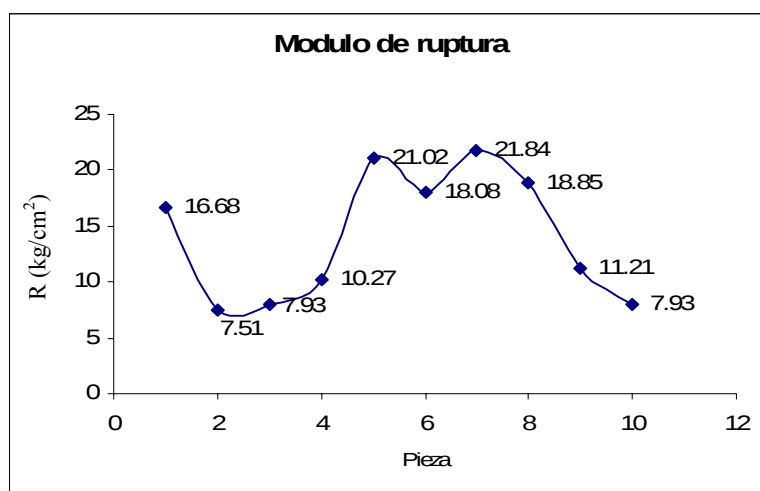
C = Mitad del espesor del tabique

I = Momento de inercia ($I = bh^3/12$)

Resultados

Tabla 2.- Resultados módulo de ruptura en piezas de tabique

Muestras.- Módulo de ruptura					
Tabique	C (h/2)	I ($bh^3/12$)	M (PL/4)	W (kg)	R (kg/cm^2)
I-1	2.65	156.32	442.82	69.46	7.51
I-2	2.25	92.64	326.31	52.21	7.93
I-3	2.20	88.02	317.48	50.40	7.93
I-4	2.25	97.96	447.27	71.28	10.27
I-5	2.05	71.22	389.35	60.84	11.21
I-6	2.25	94.92	703.70	112.59	16.68
I-7	2.45	123.53	911.69	143.01	18.08
I-8	2.45	122.55	942.71	148.46	18.85
I-9	2.10	75.94	760.23	122.13	21.02
I-10	2.15	80.83	821.26	129.84	21.84
μ	2.28	100.39	606.28	96.02	14.13
σ	0.23	29.17	288.80	45.62	6.62



Grafica 2.- Variación del módulo de ruptura en piezas de tabique

Observaciones

En las piezas ensayadas se obtuvo que la grieta que se presentaba cuando la pieza fallaba se encontraba en la parte donde se concentro la carga o muy cercana a dicha zona.

También dado que la pieza presentaba ciertas irregularidades en ocasiones se movían ligeramente las placas de apoyo.

Otro punto a señalar es que algunas piezas ya presentaban grietas las cuales se deben al proceso de fabricación.

I.1.1.3.- Absorción total y peso volumétrico

Se tiene que la absorción es el peso de agua absorbida por el espécimen durante la inmersión en ciertas condiciones, en relación al peso seco de la unidad.

La absorción es un indicador del grado de cocción con el cual se elaboró una determinada pieza de tabique, además de indicar la durabilidad que pueda llegar a tener una determinada pieza. Lo cual puede indicar la calidad de las piezas.

La absorción influye en gran manera en la adherencia que pueda tener la pieza de tabique y un determinado mortero al elaborar un muro.

La determinación de la densidad en los tabiques es relevante porque interviene en la resistencia de elementos de mampostería que están sometidos a solicitaciones laterales, principalmente sismo.

El equipo y procedimiento necesario para la realización de esta prueba según la norma ASTM C 67-92a es el siguiente:

Material y equipo

- Pila con agua

- Horno
- Balanza
- 2 probetas graduadas de 1000 litros
- Cubeta con manguera de nivel

Procedimiento

Para la realización de esta prueba se seleccionaron 15 piezas marcando cada una de ellas el número de espécimen y anotando las dimensiones de las mismas.

Una vez identificadas las muestras se sumergen en agua de manera que la pieza quede totalmente cubierta y permanecerá en ella por lo menos 24 horas.

Después de que el tabique haya permanecido el tiempo señalado se retira de la pila e inmediatamente después se toma el peso saturado, repitiendo el proceso para cada una de las piezas. Ya tomados todos los pesos de las muestras estas pasan al horno el cual tendrá una temperatura de 110 a 115 ° C. Dichas muestras permanecen un tiempo mayor a 24 horas, el peso seco de la pieza será aquel que se obtenga cuando no ocurra disminución alguna en su peso al obtenerlo dos veces en un intervalo de 2 hr.

El volumen de los tabiques se calcula al multiplicar sus tres dimensiones, sin embargo existe otra forma más exacta de obtener el volumen la cual consiste en colocar la cubeta perforada sobre una superficie plana y nivelada, agregarle agua hasta que fluya por la manguera. Sin adicionar más agua, la cubeta se deja en reposo para que el agua excedente sobre la parte inferior de la perforación y manguera escurra, entonces el nivel del agua será el mismo que el de la perforación.

Se coloca la cubeta graduada al final de la manguera de nivel, que ya ha dejado de gotear. La pieza de tabique se sumerge en la cubeta, dejando que el agua se derrame por la manguera y finalmente llega a la probeta. Si la capacidad de una probeta es insuficiente para el agua desalojada por el tabique, colocar la otra probeta cuidando no derramar ni una gota. Tomar la lectura del nivel de agua en las probetas. El volumen de

tabique es igual al volumen de agua desalojada al sumergirlo y por lo tanto, igual a la lectura observada en la probeta.



Figura 3.- Equipo para realizar el ensaye

Cálculo

$$\% A = \frac{100 (W_{sat} - W_{seco})}{W_{seco}}$$

$$P_{vol} = \frac{W_{seco}}{Vol}$$

Donde:

% A = Porcentaje de absorción en los tabiques

W_{sat} = Peso saturado del espécimen (gr)

W_{seco} = Peso seco del espécimen (gr)

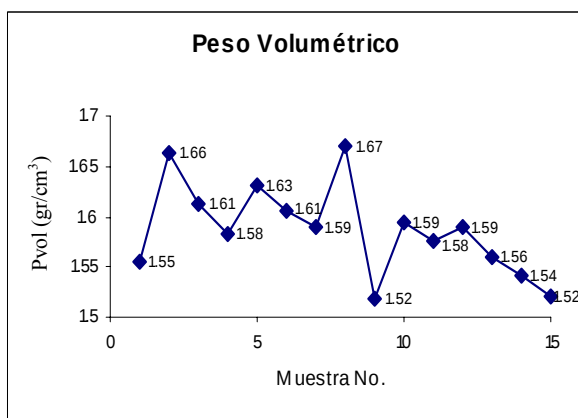
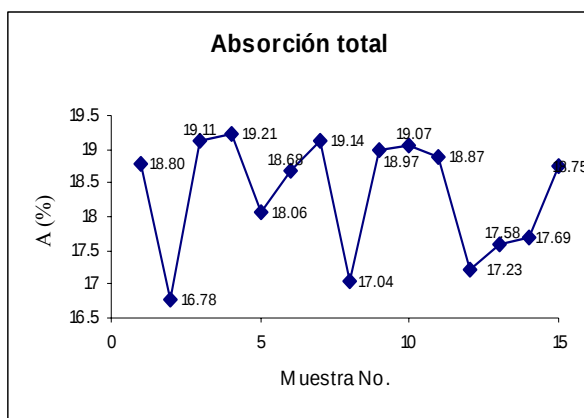
P_{vol} = Peso volumétrico (gr/cm³)

Vol = Volumen (cm³)

Resultados

Tabla 3.- Resultados de absorción total y peso volumétrico en piezas de tabique

Muestra.- Absorción total y peso volumétrico					
Pieza	Wsat (gr)	Wseco (gr)	Vol (cm ³)	A (%)	Pvol (gr/cm ³)
I-1	2705	2277	1465	18.80	1.55
I-2	2742	2348	1412	16.78	1.66
I-3	2630	2208	1370	19.11	1.61
I-4	2755	2311	1460	19.21	1.58
I-5	2739	2320	1422	18.06	1.63
I-6	2707	2281	1421	18.68	1.59
I-7	2770	2325	1463	19.14	1.52
I-8	2692	2300	1377	17.04	1.59
I-9	2709	2277	1500	18.97	1.56
I-10	2610	2192	1375	19.07	1.54
I-11	2715	2284	1449	18.87	1.52
I-12	2715	2316	1457	17.23	1.67
I-13	2435	2071	1327	17.58	1.55
I-14	2695	2290	1485	17.69	1.58
I-15	2704	2277	1498	18.75	1.59
μ	2688.20	2271.80	1432.07	18.33	1.59
σ	253.20	200.80	105.07	1.55	0.07



Grafica 3.- Absorción total y Peso volumétrico en muestras de tabique

I.1.1.4.-Absorción inicial

En muchas investigaciones realizadas anteriormente se ha puesto énfasis en determinar diversas propiedades de la mampostería como son la resistencia de las piezas de tabique, la resistencia del mortero, entre otras para determinar las propiedades mecánicas de la mampostería, pero se ha observado que existe otra propiedad de la mampostería igualmente importante y que viene a determinar en buena medida la calidad de la misma, dicha propiedad es la adherencia que exista entre la pieza y el mortero.

Se ha demostrado que la adherencia entre el mortero y las piezas es de naturaleza mecánica (Fundación ICA 1999). Una vez que el mortero se pone en contacto con la pieza de mampostería, esta succiona lechada que penetra por los poros capilares de la pieza, que al cristalizar forma la trabazón mecánica, la cual determina en gran medida la adhesión entre ambos elementos, alcanzando una mayor succión en un rango de aproximadamente un minuto desde que se coloca el tabique.

Durante la elaboración de un muro de mampostería se coloca el mortero sobre el tabique de abajo. El agua del mortero es succionada preferentemente por la pieza de abajo. El paso siguiente es la colocación de la pieza de arriba para lo cual se tiene que el mortero está mas seco por lo cual se tiene que la unidad de arriba succiona menos agua y menos solubles del cemento que la de abajo. Una vez que se presenta el fraguado del cemento se forman cristales en los poros de las piezas, estos son mayores y más profundos abajo que arriba. Lo cual da como resultado que se tenga menor adherencia en la interface mortero-unidad de arriba (Fundación ICA 1999).

La absorción inicial es una propiedad que ofrece información diferente de la absorción. Se toma como una medida de la succión de agua en forma ascendente en el tabique seco sobre la superficie de contacto durante un minuto de exposición (ASTM C 43 – 92 a). Esta propiedad es de suma importancia, ya que la adherencia entre el mortero y el tabique viene determinada en gran medida por este parámetro.

La norma ASTM C 62-92c, señala que las muestras de tabique cuya absorción inicial exceda de 30 gr/min por cada 194 cm², debe reducirse la absorción inicial antes de su colocación, mojándolos inmediatamente antes de ser colocados.

El equipo, material y procedimiento requerido para la determinación de esta propiedad se señala a continuación.

Material y equipo

- Horno
- Cinta métrica
- Cronometro
- Balanza
- Franela limpia y seca
- Recipiente de vidrio de aproximadamente 40 x 50 cm de base y altura no menor de 1.27 cm (1/2 pulg.). Usar dos barras que servirán como apoyo de la unidad, en forma de ángulo de 1/2 pulg. y de aluminio por ser un material anticorrosivo. Colocarlas de manera que formen un triángulo con la base del recipiente: lo cual resulta una altura desde la base hasta el extremo superior del ángulo de 0.97 cm. Si a la altura se adiciona 0.32 cm (1/8 pulg.) según la norma ASTM C67, esto da 1.29 cm, altura hasta la cual se marca una línea con plumón de aceite alrededor de las paredes.

Procedimiento

Se tomó una muestra de 10 piezas del lote total. Dichas piezas se marcan indicando el número de espécimen. Se toman las medidas de ancho (b) y largo (L) de las piezas. Una vez obtenidas estas dimensiones se puede conocer el área de la cara de contacto al multiplicar dichas medidas (L x b). Saturar totalmente por no menos de 24 hrs. un tabique.

Las 10 piezas se ponen al horno por más de 24 hrs. a una temperatura de 110 a 115 ° C. Se sacan del horno y se toma su peso después se dejan las piezas durante dos horas y después se vuelve a tomar el peso si este no tiene variación con el anteriormente tomado entonces se tiene que este es el peso seco del tabique (si se llegara a presentar variación en el peso tomado se volverá a colocar la pieza en el horno y se repetirá el proceso hasta que no varíe el peso).

El tabique saturado se coloca dentro del recipiente de vidrio, agregando agua hasta alcanzar el nivel marcado por la línea en las paredes (1.29 cm). Se retira el tabique saturado, teniendo cuidado en no derramar agua por fuera del recipiente.

A continuación se deposita dentro del recipiente la primera pieza. Se deberá asegurar que el nivel del agua siempre coincida con la línea marcada en las paredes, por lo que, en caso de ser necesario hay que agregar agua. Al colocar la pieza se inicia el cronometro y el tabique se retira hasta que el cronometro señale que ha pasado 1 minuto desde su colocación dentro del recipiente. Una vez retirado el espécimen se seca superficialmente con la franela e inmediatamente después se coloca en la balanza. Registrar el peso del tabique el cual será igual al peso seco más el agua absorbida en el minuto que estuvo en el recipiente.

Cada vez que se quiera obtener el peso de los siguientes tabiques se deberá colocar el tabique saturado de tal manera que el nivel del agua coincida con la línea marcada y posteriormente sumergir la pieza de prueba, y así poder obtener los pesos en las mismas condiciones del recipiente. Todo esto de acuerdo a la figura siguiente:



Figura 4.- Recipiente para obtener la absorción inicial

Cálculo

$$A_i = (193.55 W_{\text{agua}}) / b L$$

$$W_{\text{agua}} = W_{\text{seco+agua}} - W_{\text{seco}}$$

Donde:

A_i = Absorción inicial en el espécimen (gr/min)

B = ancho del tabique

L = largo del tabique

W_{agua} = peso de agua absorbida en 1 minuto

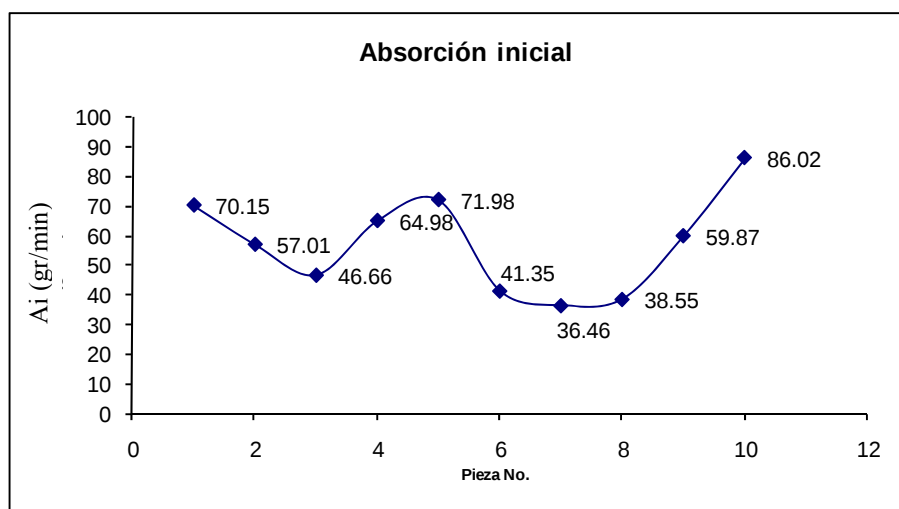
$W_{\text{seco+agua}}$ = peso del espécimen seco más el agua absorbida en 1 minuto.

W_{seco} = peso seco del espécimen

Resultados

Tabla 4.- Resultados absorción inicial de piezas de tabique

Muestras.- Absorción inicial				
Tabique	b (cm)	L(cm)	Wagua	Ai (gr/min)
I-1	12.60	25.40	116	70.15
I-2	12.50	25.80	95	57.01
I-3	12.80	25.60	79	46.66
I-4	12.70	25.80	110	64.98
I-5	12.50	25.60	119	71.98
I-6	12.80	25.60	70	41.35
I-7	12.80	25.30	61	36.46
I-8	12.70	25.30	64	38.55
I-9	12.70	25.20	99	59.87
I-10	12.60	25.00	140	86.02
μ	12.67	25.46	95.30	57.30
Σ	0.17	0.26	34.30	18.75



Grafica 4.- Variación de la absorción inicial en piezas de tabique

Observaciones

Debido a que se presentan gran irregularidad en las caras de las piezas de tabique es necesario raspar las caras para poder asegurar uniformidad en la realización de la prueba.

El hecho de raspar las piezas permite que las caras sean más planas y así se asegurar la correcta realización de la misma ya que permite a la pieza estar lo más horizontalmente posible.

I.1.2.- Morteros

Los morteros son mezclas plásticas aglomerantes que resultan de combinar arena y agua con un material cementante que puede ser cemento, cal, o una mezcla de estos materiales.

Una mezcla puede usarse como máximo 40 a 60 minutos después de fabricada. La variabilidad en la resistencia que se obtiene para un proporcionamiento dado es considerable, debido a que la dosificación se hace por volumen y sin controlar la cantidad de agua. El coeficiente de variación se encuentra entre 20 y 30%.

“El mortero se elaborará con la cantidad de agua mínima necesaria para obtener una pasta manejable”. “Los materiales se mezclarán en un recipiente no absorbente, prefiriéndose un mezclado mecánico. El tiempo de mezclado, una vez que el agua se agrega, no debe ser menor de 4 min., ni del necesario para alcanzar 120 revoluciones. La consistencia del mortero se ajustará tratando de que alcance la mínima fluidez compatible con una fácil colocación”.

Si el mortero empieza a endurecerse, podrá remezclarse hasta que vuelva a tomar la consistencia deseada agregándole un poco de agua si es necesario. Sólo se aceptará un remezclado.

La resistencia de diseño a compresión para mamposterías con las cuales se diseña normalmente se muestra en la siguiente tabla:

Tipos de morteros	Partes cemento portland	Partes cemento albañilería	Partes de cal	Partes de arena	Resistencia $f'c$ (kg/cm ²)
I	1	----	0 a 1/4	$2.25 V_{cem} + V_{cal}$	125
	1	0 a 1/4	----	ídem	
II	1	----	1/4 a 1/2	$2.50 V_{cem} + V_{cal}$	75
	1	1/2 a 1	----	ídem	
III	1	----	1/4 a 1/2	V_{cal}	40

Tabla 5.- Proporcionamiento de los morteros elaborado por el RCDF.

En este estudio se realizaron tres tipos de morteros los cuales tenían la siguiente proporción:

Para el **Mortero tipo III** ($f'c > 40 \text{ kg/cm}^2$) se tiene el siguiente proporcionamiento:

Para producir 10.2 lts de mortero

Cantidades requeridas:

-Cemento Portland:	1.672 kg.
-Cal:	1.395 kg.
-Arena:	15.000 kg

Con lo cual se obtiene: $f'c = 42.5 \text{ kg/cm}^2$

Para el **Mortero tipo II** ($70 \text{ kg/cm}^2 < f'c < 120 \text{ kg/cm}^2$) se tiene el siguiente proporcionamiento:

Para producir 10.2 lts de mortero

Cantidades requeridas:

-Cemento Portland:	2.389 kg.
-Cal:	0.996 kg.
-Arena:	15.000 kg.

Con lo cual se obtiene: $f'c = 76.4 \text{ kg/cm}^2$

Para el **Mortero tipo I** ($f'c > 120 \text{ kg/cm}^2$) se tiene el siguiente proporcionamiento:

Cantidades requeridas:

-Cemento Portland:	2.787 kg.
-Cal:	0.775 kg.
-Arena:	15.000 kg

Con lo cual se obtiene: $f'c = 120.4 \text{ kg/cm}^2$

Nota:

Los anteriores proporcionamientos fueron facilitados por maestros de la Universidad Autónoma de Sinaloa y son representativos del mortero en la región.

También cabe señalar que a lo largo de la investigación se realizaron pruebas de contenido de humedad de la arena y de acuerdo al porcentaje que nos daba se incrementaba en ese porcentaje la cantidad de arena dado que los proporcionamientos anteriormente señalados se realizaron para arena en estado seco. Las muestras fueron realizadas por un albañil el cual se le proporcionaban las mezclas ya pesadas de acuerdo a las proporciones anteriormente señaladas.

Igualmente la arena fue cribada para que todo el material con volumen mayor a la malla No. 4 no se incluyera.

I.1.2.1.- Resistencia a compresión morteros

Las principales propiedades de los morteros son: su resistencia a la compresión y tensión, adherencia con la piedra, módulo de elasticidad, trabajabilidad, rapidez de fraguado, e impermeabilidad. Otra característica importante es su retención de agua, es decir, su capacidad para evitar que la pieza absorba el agua necesaria para el fraguado del mortero. El índice de resistencia generalmente aceptado es la resistencia a compresión.

Las propiedades mecánicas de los morteros son muy variables y depende principalmente del tipo de cementante utilizado y de la relación arena/cementante.

La resistencia a la compresión de cubos de mortero permite conocer las características de desarrollo de la resistencia del mortero. La resistencia del mortero depende entre otros factores del contenido de agua usado en la elaboración y refleja la resistencia general que debería considerarse en el mortero para la mampostería.

Los morteros de cemento tienen resistencias a la compresión mucho más altas que los de cal, entre 40 y 200 kg/cm². El módulo de elasticidad varía entre 10,000 y 50,000 kg/cm² y el peso volumétrico es de aproximadamente 2 t/m³.

Para el control de calidad el medir la resistencia a la compresión es la principal propiedad. La adherencia, modulo de elasticidad y su resistencia a la tensión son a menudo omitidas al determinar las características de un mortero pero suelen ser las propiedades mecánicas del material que más influyen en el comportamiento estructural de un elemento de mampostería.

Material y equipo

- Moldes para cubos de 5 cm.
- Espátula
- Varilla
- Nivel de mano
- Cinta métrica
- Balanza
- Máquina de ensaye y anillo

Procedimiento

Pilas.- Se tomaron 6 muestras del mortero tipo I, 6 muestras del mortero tipo II y 9 muestras del mortero tipo III. Todas ellas realizadas en los moldes para cubos de 5 cm. Por cada batida se tomaba 3 muestras.

Muretes.- Se tomaron 12 muestras de cada tipo de mortero. Al igual que en las pilas tomándose 3 muestras por cada batida.

Antes de depositar el mortero en los moldes estos deben estar aceitados para facilitar al momento de separar los cubos de estos. Para llenar el molde se colocan con la espátula dos capas de mortero de aproximadamente igual volumen. Una vez colocada la primera capa se procede a reacomodar la mezcla a manera de evitar que existan vacíos, esto con la ayuda de la varilla dejándola caer 32 veces dentro del molde alternando el lugar de los golpes dentro del cubo. Al depositar la segunda capa se procede a realizar el mismo proceso que en la primera y una vez terminado de dar los golpes se procede a enrasar la mezcla a manera que quede al mismo nivel que tiene el molde en la parte superior todo esto como se muestra en la figura siguiente.



Figura 5.- Elaboración de cubos de morteros en moldes de cobre

El mortero se deja 24 hrs. dentro del molde después se sacan las muestras y se guardan en una bolsa de plástico por 24 hrs. más dichas bolsas tendrán en su interior un recipiente con agua mismo que propicia un ambiente húmedo. Una vez transcurrido este tiempo se sacan los cubos de la bolsa y se colocan en una pila con agua a manera que queden sumergidos en esta.

Dichos cubos permanecerán dentro de la pila hasta que se ensaye la pila o murete de la cual fueron representativos.

Al realizar el ensaye se deberá lijar las caras que estarán recibiendo la carga y asegurar que la carga se aplique lo más cercano al centroide del cubo de mortero. Aplicar la carga en un rango de 20 a 80 seg.

Para hacer la determinación de la resistencia a la compresión del cubo de mortero se usará un anillo que mida las deformaciones. (Ver la figura).



Figura 6.- Ensayo de cubo de mortero

Cálculo

$$C_m = \frac{P}{A}$$

Donde:

C_m = Resistencia a la compresión del espécimen.

P = Máxima carga registrada en la máquina de ensaye.

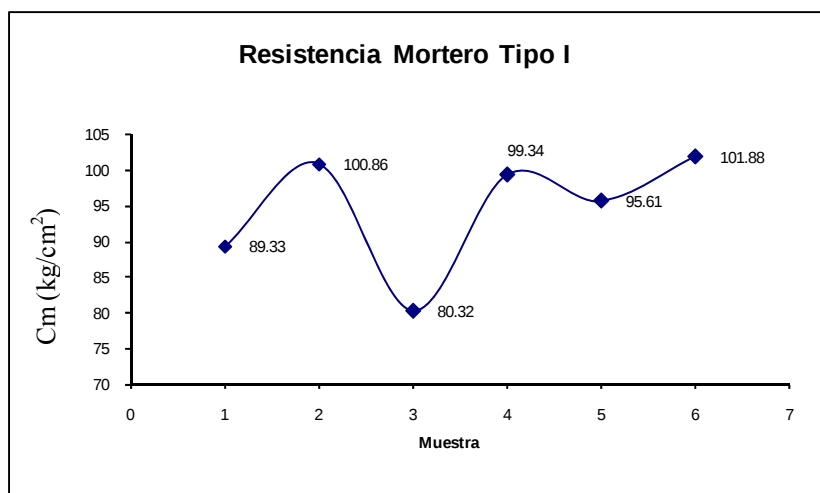
A = Área de contacto del espécimen. ($A = 25 \text{ cm}^2$)

Resultados

Morteros utilizados en la elaboración de pilas

Muestras.- Mortero tipo I (Pilas)			
Muestra	A (cm ²)	P (kg)	Cm (kg/cm ²)
1	25	2233.34	89.33
2	25	2521.61	100.86
3	25	2007.99	80.31
4	25	2483.51	99.34
5	25	2390.31	95.61
6	25	2547.00	101.88
μ	25	2363.96	94.56
σ	0.00	355.97	14.25

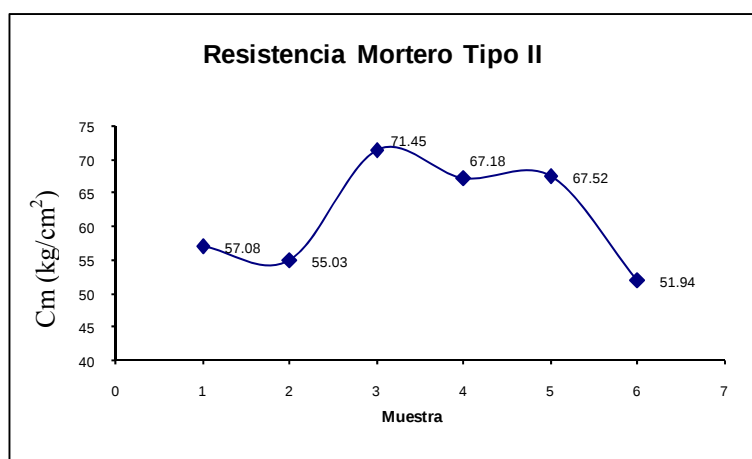
Tabla 6.- Muestras de mortero tipo I utilizado en la elaboración de pilas.



Grafica 5.- Variación en resistencia de los cubos de mortero tipo I

Muestras.- Mortero tipo II (Pilas)			
Muestra	A (cm ²)	P (kg)	Cm (kg/cm ²)
1	25	1427.07	57.08
2	25	1375.63	55.03
3	25	1786.33	71.45
4	25	1679.56	67.18
5	25	1688.11	67.52
6	25	1298.41	51.94
μ	25	1542.52	61.70
σ	0.00	244.11	9.76

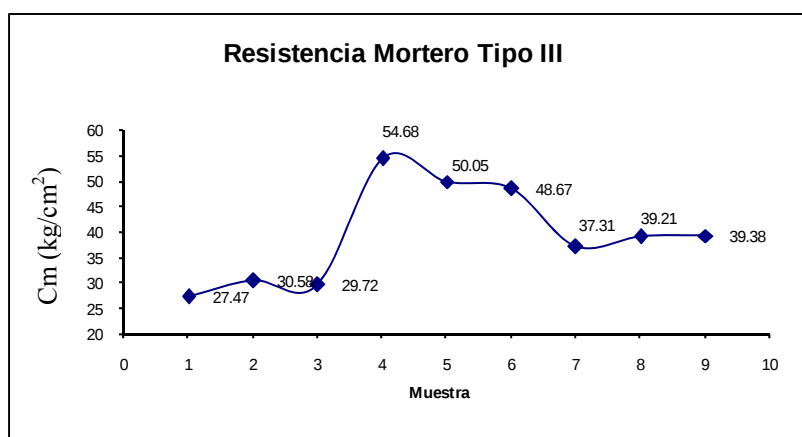
Tabla 7.- Muestras de mortero tipo II utilizado en la elaboración de pilas.



Grafica 6.- Variación en resistencia de los cubos de mortero tipo II

Muestras.- Mortero tipo III (Pilas)			
Muestra	A (cm ²)	P (kg)	Cm (kg/cm ²)
1	25	686.87	27.47
2	25	764.62	30.58
3	25	743.03	29.72
4	25	1367.05	54.68
5	25	1251.18	50.05
6	25	1216.83	48.67
7	25	932.85	37.31
8	25	980.24	39.21
9	25	984.55	39.38
μ	25	991.91	40.20
σ	0.00	248.88	12.73

Tabla 8.- Muestras de mortero tipo III utilizado en la elaboración de pilas.

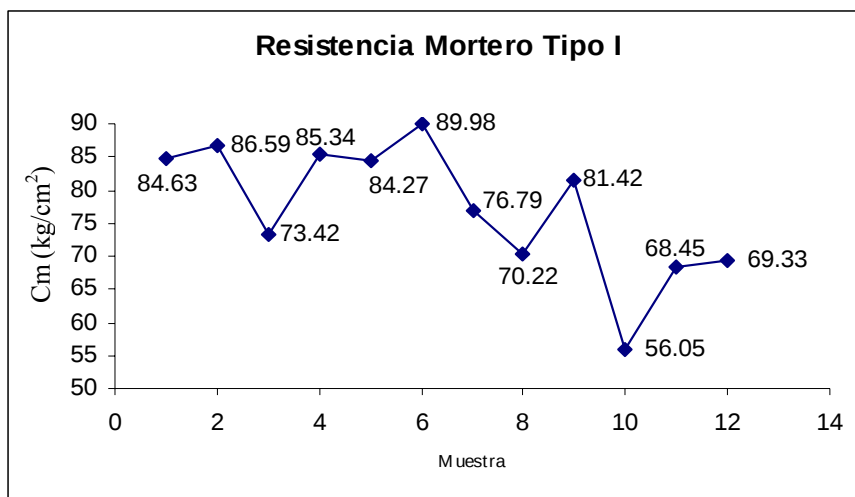


Grafica 7.- Variación en resistencia de los cubos de mortero tipo III

Morteros utilizados en la elaboración de muretes

Muestras.- Mortero tipo I (Muretes)			
Muestra	A (cm ²)	P (kg)	Cm (kg/cm ²)
1	25	2115.65	84.63
2	25	2164.66	86.59
3	25	1835.44	73.42
4	25	2133.47	85.34
5	25	2106.74	84.27
6	25	2249.38	89.98
7	25	1919.86	76.79
8	25	1755.53	70.22
9	25	2035.51	81.42
10	25	1401.19	56.04
11	25	1711.16	68.44
12	25	1733.35	69.33
μ	25	1930.16	77.21
σ	0.00	528.97	6.99

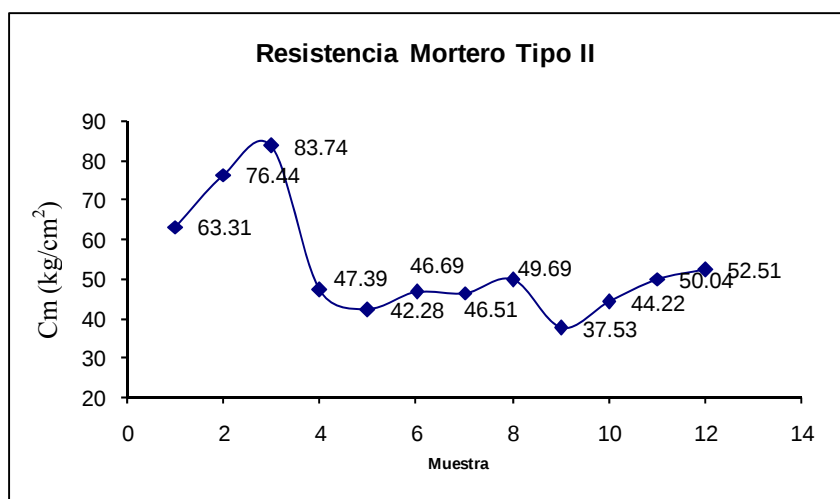
Tabla 9.- Muestras de mortero tipo I utilizado en la elaboración de muretes.



Grafica 8.- Variación en resistencia de los cubos de mortero tipo I

Muestras.- Mortero tipo II (Muretes)			
Muestra	A (cm ²)	P (kg)	Cm (kg/cm ²)
1	25	1582.63	63.31
2	25	1910.97	76.44
3	25	2093.38	83.74
4	25	1184.82	47.39
5	25	1057.00	42.27
6	25	1167.18	46.68
7	25	1162.77	46.51
8	25	1242.18	49.68
9	25	938.15	37.53
10	25	1105.46	44.21
11	25	1251.00	50.04
12	25	1312.82	52.51
μ	25	1334.03	53.36
σ	0.00	395.88	15.83

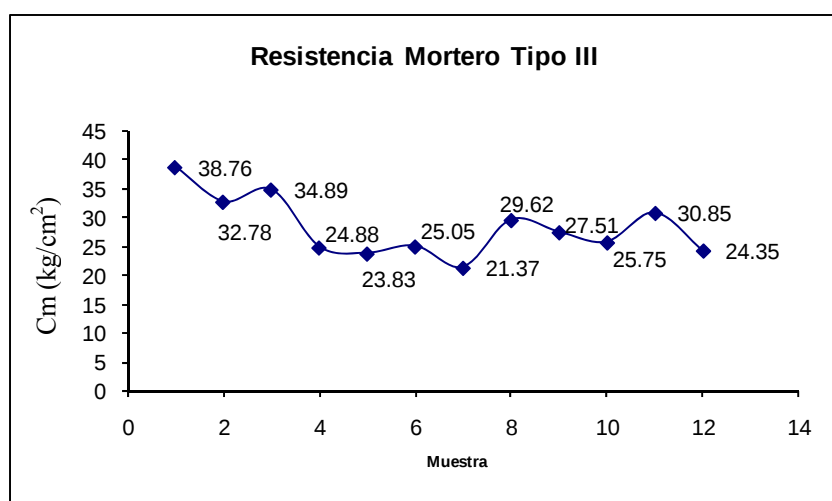
Tabla 10.- Muestras de mortero tipo II utilizado en la elaboración de muretes.



Grafica 9.- Variación en resistencia de los cubos de mortero tipo II

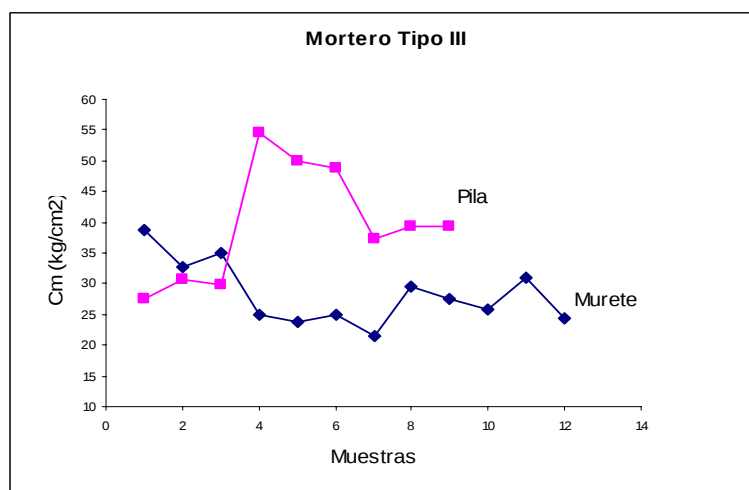
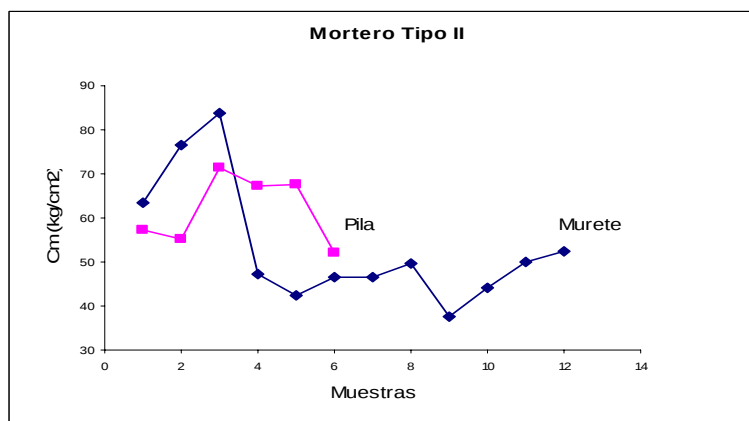
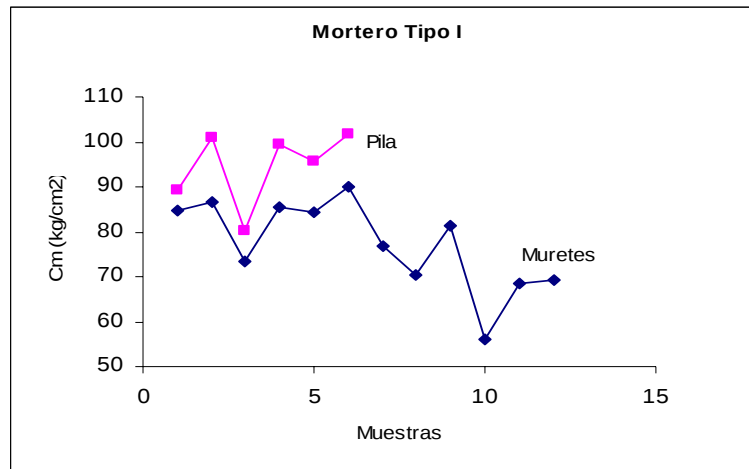
Muestras.- Mortero tipo III (Muretes)			
Muestra	A (cm ²)	P (kg)	Cm (kg/cm ²)
1	25	968.94	38.76
2	25	819.45	32.78
3	25	872.18	34.89
4	25	621.95	24.88
5	25	595.65	23.83
6	25	626.33	25.05
7	25	534.31	21.37
8	25	740.40	29.62
9	25	687.74	27.51
10	25	643.87	25.75
11	25	771.13	30.85
12	25	608.80	24.35
μ	25	707.56	28.30
σ	0.00	173.25	6.93

Tabla 11.- Muestras de mortero tipo III utilizado en la elaboración de muretes.



Grafica 10.- Variación en resistencia de los cubos de mortero tipo III

Ahora reuniendo los datos de un solo tipo de mortero se tienen las siguientes graficas 11:



Observaciones

Durante la elaboración de las muestras de mortero el molde presentaba ciertas irregularidades debido a lo cual se pudiesen haber presentado variaciones en los volúmenes de los cubos pero se omitieron estas pequeñas variaciones dentro del cálculo tomando como dimensión siempre cada lado igual a 5 cm.

Se observa de igual manera que de acuerdo a lo estimado en cuanto a la resistencia se presentan variaciones resultando las resistencias de los morteros inferiores a las estimadas. Tal variación se pudo deber a que no se tuvo un control en cuanto a la cantidad de agua que se le agregaba a la mezcla.

I.2.- MAMPOSTERÍA

La resistencia en compresión de las piezas es el parámetro más importante del que dependen las propiedades mecánicas de los muros. Por otra parte las propiedades mecánicas pueden deducirse ya sea del estudio de los materiales componentes, piedra y mortero, o del ensaye directo de probetas compuestas. La primera forma es evidentemente menos precisa debido al gran número de variables que intervienen en el problema y a la dificultad de tomar en cuenta la interacción entre los dos materiales.

Para mampostería de piedras artificiales, la resistencia en compresión del conjunto ha sido estudiada a través del ensaye de pilas formadas por varias piezas sobrepuestas hasta alcanzar una relación altura a espesor de aproximadamente cuatro.

Determinar el comportamiento de la mampostería en forma global resulta difícil debido a diversos factores como lo pueden ser las variaciones que existen en el proceso de fabricación de una tabiquera a otra, lo cual da como resultado que se tengan variaciones tanto en las propiedades físicas como mecánicas de las piezas. Además se tiene que al realizar una determinada mezcla de mortero se presentan variaciones en cuanto a la resistencia de la misma.

Por lo tanto, resulta poco confiable el hecho de aceptar los datos generados en un estudio de un determinado tipo de mampostería debido a las variaciones anteriormente mencionadas.

Las propiedades de la mampostería que se determinarán en esta parte son: la resistencia a la compresión, tensión diagonal y adherencia.

En la elaboración de las muestras participaron un albañil y su peón los cuales se encargaron de realizar el total de las pilas, muretes y muestras de adherencia.

Cabe señalar que se dejaron todas las muestras a la intemperie con el fin de asemejar el comportamiento real de la mampostería en condiciones naturales.

1.2.1.- Resistencia a Compresión

La mampostería se encuentra sometida a diversas sollicitaciones teniendo como una de ellas la resistencia a la compresión en muros de carga, el cual es el estado de esfuerzos que pueden provocar la falla en muros estructurales. Dada esta circunstancia es importante conocer la resistencia a la compresión de la mampostería.

Todo esto con el fin de conocer el comportamiento estructural de la mampostería y poder asumir valores de diseño con un determinado margen de confiabilidad en la realización de un determinado diseño estructural.

Para determinar un índice de la resistencia a compresión de la mampostería se realizan ensayos sobre pilas representativas, que de acuerdo a la norma NMX-C-415 deben estar formadas por la superposición de al menos tres piezas y con el número suficiente de hiladas para que la relación altura-espesor se encuentre entre 2 y 5.

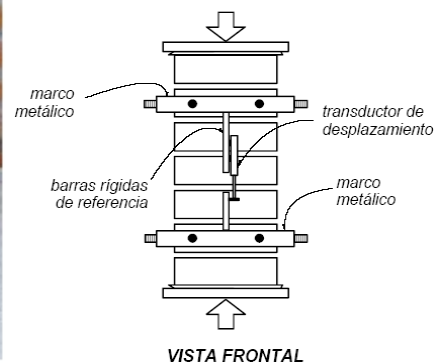


Figura 7.- Especímenes para obtener la resistencia a compresión de la mampostería los cuales muestran una junta de 4 cm.

Se debe de contar con el siguiente equipo y material además de seguir el siguiente procedimiento:

Material y equipo

- Maquina de ensaye
- Azufre
- Placas de acero
- Nivel de mano
- Cinta métrica
- Marcos de medición de deformaciones

Procedimiento

De acuerdo a la norma un albañil y su peón construyeron 6 pilas por cada espesor de junta de mortero (1.5, 2.0, 3.0 y 4.0 cm). Además se elaboraron para los tres diferentes tipos de morteros con lo cual se obtiene un total de 72 muestras.

Se tiene que para el primer tipo de mortero (tipo III) se buscó que la relación altura-espesor de la pila fuera aproximadamente igual a 4, por lo que las primeras pilas fueron de 9 piezas de tabique para espesor de junta de 1.5 y 2.0 cm; y de 8 piezas para espesor de junta de 3.0 y 4.0 cm.

Para las siguientes pilas elaboradas con los otros dos tipos de mortero se optó porque estuvieran hechas por 6 piezas de tabique debido a que era mas practico el poder realizar el ensaye.

Todas las pilas se dejaron a la intemperie hasta el dia del ensaye el cual se realizó aproximadamente dos meses después de elaboradas las muestras.

Cabe señalar que antes de construirse las pilas se cabeceo con mortero de azufre las piezas superior e inferior de las mismas.

Para obtener las dimensiones de la pila (longitud y espesor) se toma como el promedio de tres medidas tomadas al centro de las caras que los definen. Medir de la misma manera la altura del espesor.

Una vez determinadas las dimensiones se procede a la transportación de la pila a la maquina de ensaye esto cuidando no ocasionar daño a la muestra.

El paso siguiente es colocar la pila en la maquina de ensaye. Después de colocarla se le sujetan los marcos que miden las deformaciones. Dichos marcos llevan micrómetros los cuales son los que permiten observar la deformación al momento de aplicar la carga.

Una vez colocados los marcos se procede a colocar el espécimen entre dos placas firmemente posicionadas en la maquina de ensaye, alineadas con respecto al centro de la parte superior de la cabeza de la maquina. Aplicar la carga asegurando que el ensaye se aplique en un rango uniforme entre 1 y 2 minutos. Durante el ensaye se registro la deformación de la pila al aplicar cada media tonelada de carga. Por ultimo registrar la máxima carga en la maquina de ensaye.



Figura 8.- Procedimiento de ensaye de una pila.

Cálculo

Para calcular la resistencia a compresión se usara la siguiente formula:

$$f_m^* = \frac{f_m}{1 + 2.5 C_m}$$

Donde:

f_m^* = Resistencia de diseño a compresión de las pilas ensayadas

f_m = Es la media de los esfuerzos resistentes de las pilas ensayadas

C_m = Es el coeficiente de variación de los esfuerzos resistentes de las pilas ensayadas, que no se tomara menor que 0.15.

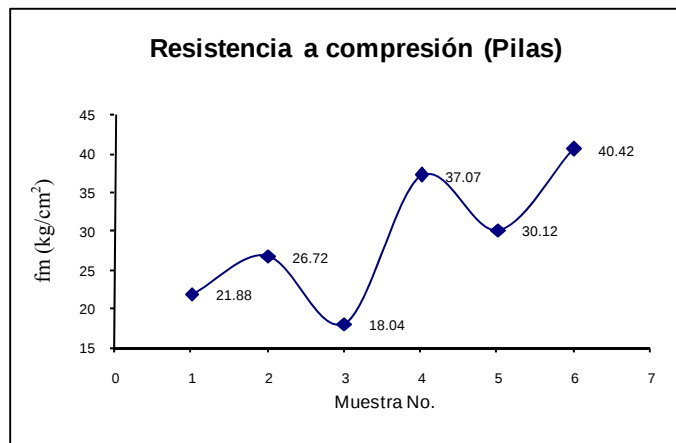
Para la relación altura-espesor de la pila se usó los siguientes factores de corrección:

Relación de esbeltez de la pila	2	3	4	5
Factor correctivo	0.75	0.90	1.00	1.05

Resultados

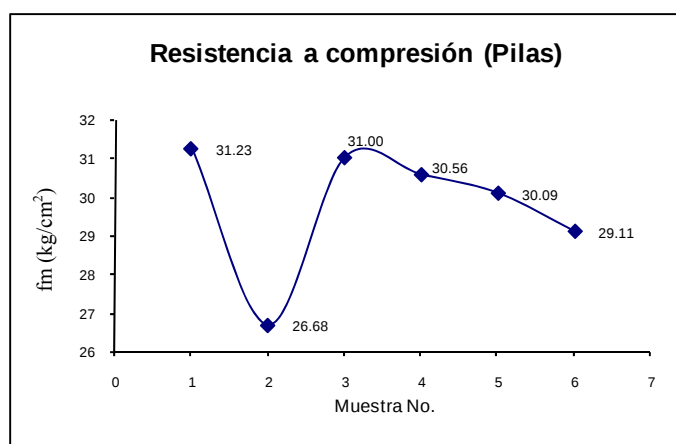
Para las muestras elaboradas con mortero tipo I ($f'_c = 94.56 \text{ kg/cm}^2$), las cuales tenían un espesor de junta de 1.5 cm se tiene la siguiente tabla y grafica:

Muestra 1.- Espesor de boquilla de 1.5 cm						
Pila	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	f'_m (kg/cm ²)
I-1	12.53	37.00	25.67	321.7	6500	18.04
I-2	12.63	36.90	25.73	325.1	8010	21.88
I-3	12.53	35.50	25.87	324.2	9900	26.72
I-4	12.53	36.00	25.90	324.6	11020	30.12
I-5	12.83	37.00	25.97	333.2	14000	37.07
I-6	12.46	36.80	25.93	323.3	14600	40.42
μ	12.59	36.53	25.85	325.4	10672	29.04
σ	0.24	0.47	0.12	7.85	3978	11.38
$\mu (f_m) = 29.04 \text{ kg/cm}^2$ $C_m = 0.15$						
$f^*_m = 21.12 \text{ kg/cm}^2$						



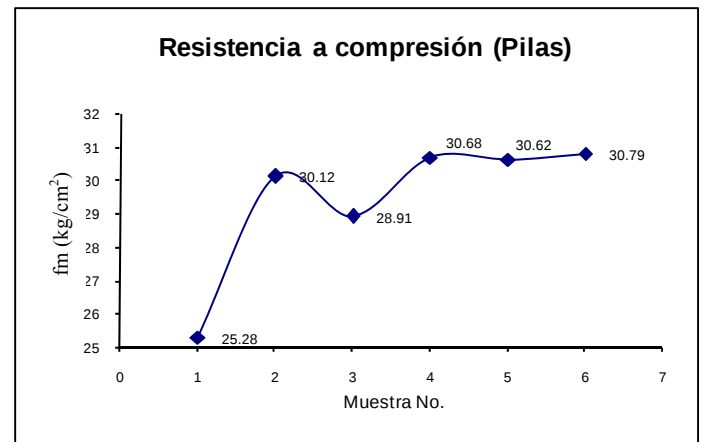
De las muestras elaboradas con espesor de junta de 2.0 cm y mortero tipo I, se tiene la siguiente tabla y gráfica:

Muestra 2.- Espesor de boquilla de 2.0 cm						
Pila	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	f'_m (kg/cm ²)
I-1	12.63	40.00	25.83	326.4	9500	26.68
I-2	12.73	39.00	25.70	327.3	10510	29.11
I-3	12.77	38.00	25.77	329.0	11040	30.09
I-4	12.63	39.00	25.57	323.0	11020	30.56
I-5	12.97	40.00	25.80	334.5	11500	31.00
I-6	12.70	45.00	25.77	327.2	10480	31.23
μ	12.74	40.17	25.74	327.9	10675	29.78
σ	0.23	4.83	0.09	6.6	825	1.41
$\mu (f_m) = 29.78 \text{ kg/cm}^2$ $C_m = 0.15$						
$f^*_m = 21.66 \text{ kg/cm}^2$						



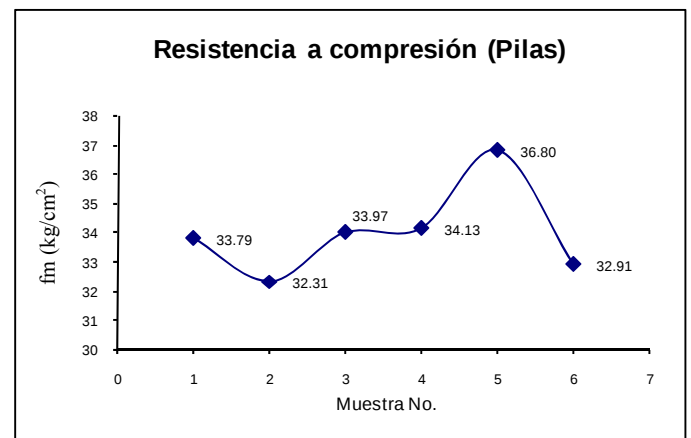
Para las muestras elaboradas con espesor de junta de 3.0 cm y mortero tipo I se tiene la siguiente tabla y grafica:

Muestra 3.- Espesor de boquilla de 3.0 cm						
Pila	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	f [*] m (kg/cm ²)
I-1	12.83	36.70	25.90	33.24	9560	25.28
I-2	12.93	37.40	26.00	33.63	11000	28.91
I-3	12.90	37.40	25.97	33.50	11400	30.12
I-4	12.90	38.00	25.97	33.50	11500	30.62
I-5	12.90	37.30	25.70	33.15	11510	30.68
I-6	12.53	38.30	25.83	32.38	11010	30.79
μ	12.83	37.52	25.90	33.23	10997	29.40
σ	0.10	0.78	0.10	0.40	513	1.39
μ (fm) = 34.30 kg/cm ² Cm = 0.15						
f [*] m = 24.95 kg/cm ²						



Por ultimo las muestras elaboradas con espesor de junta de 4.0 cm y mortero tipo I se tiene la siguiente grafica y tabla:

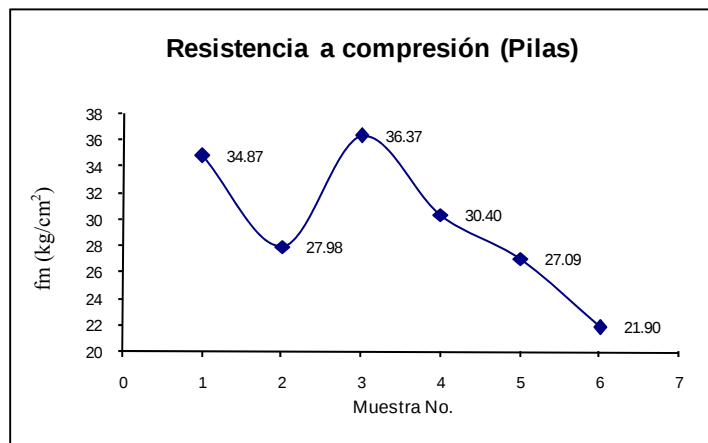
Muestra 4.- Espesor de boquilla de 4.0 cm						
Pila	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	f [*] m (kg/cm ²)
I-1	12.77	37.40	25.90	33.07	12010	32.31
I-2	12.73	38.30	25.90	32.98	12050	32.91
I-3	12.63	36.70	25.93	32.76	12500	33.79
I-4	12.70	37.40	25.90	32.89	12530	33.97
I-5	12.73	37.30	25.60	32.60	12510	34.13
I-6	12.57	38.00	25.37	31.88	13000	36.80
μ	12.69	37.52	25.77	32.70	12433	33.99
σ	0.08	0.78	0.16	0.37	567	2.81
μ (fm) = 33.99 kg/cm ² Cm = 0.15						
f [*] m = 24.72 kg/cm ²						



Cabe mencionar que todas las muestras elaboradas con mortero tipo I ($f'_c = 94.56 \text{ kg/cm}^2$), se hicieron sobreponiendo 6 piezas de tabique y variando únicamente el espesor de junta.

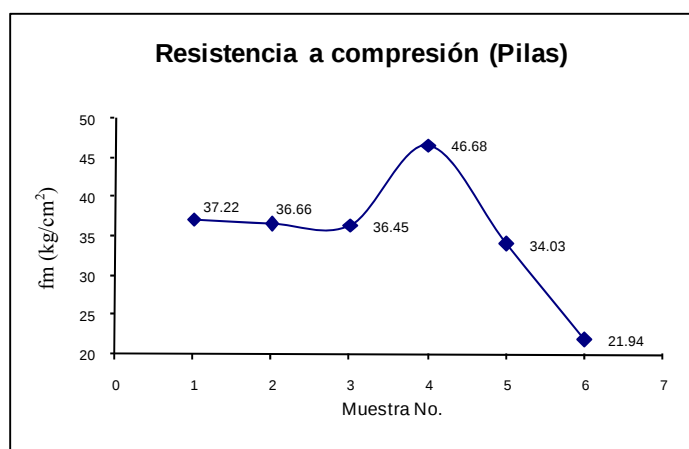
Para las muestras elaboradas con mortero tipo II ($f'_c = 61.70 \text{ kg/cm}^2$) y espesor de junta de 1.5 cm se tiene la siguiente tabla y grafica:

Muestra 5.- Espesor de boquilla de 1.5 cm						
Pila	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	f_m^* (kg/cm ²)
I-1	12.97	35.90	25.90	33.58	8500	21.90
I-2	12.70	36.00	25.47	32.34	10010	27.09
I-3	12.63	35.90	25.73	32.51	10380	27.98
I-4	12.77	35.80	25.80	32.94	11500	30.40
I-5	12.73	36.10	25.67	32.68	13020	34.87
I-6	12.67	35.40	25.47	32.26	13500	36.37
μ	12.75	35.85	25.67	32.72	11152	29.76
σ	0.22	0.25	0.23	0.86	2348	6.61
$\mu (f_m) = 29.73 \text{ kg/cm}^2 \quad C_m = 0.15$						
$f_m^* = 21.62 \text{ kg/cm}^2$						



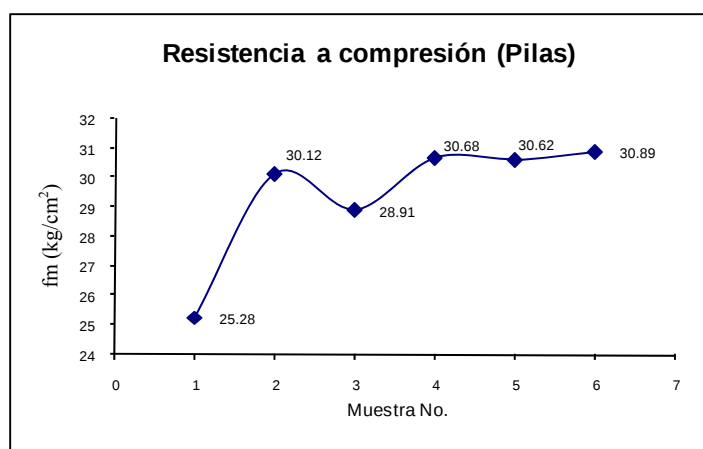
Las muestras que tenían espesor de junta de 2,0 cm y elaboradas con mortero tipo II presentan los siguientes datos:

Muestra 6.- Espesor de boquilla de 2.0 cm						
Pila	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	f_m^* (kg/cm ²)
I-1	12.77	38.30	25.80	32.94	8030	21.94
I-2	12.87	38.00	25.53	32.85	12520	34.03
I-3	12.63	37.40	25.90	32.72	13340	36.45
I-4	12.57	37.40	25.10	31.54	12900	36.66
I-5	12.60	36.70	25.57	32.21	13520	37.22
I-6	12.77	37.30	25.37	32.39	17020	46.68
μ	12.70	37.52	25.55	32.44	12888	35.50
σ	0.17	0.78	0.35	0.50	4132	11.18
$\mu (f_m) = 35.50 \text{ kg/cm}^2 \quad C_m = 0.15$						
$f_m^* = 25.82 \text{ kg/cm}^2$						



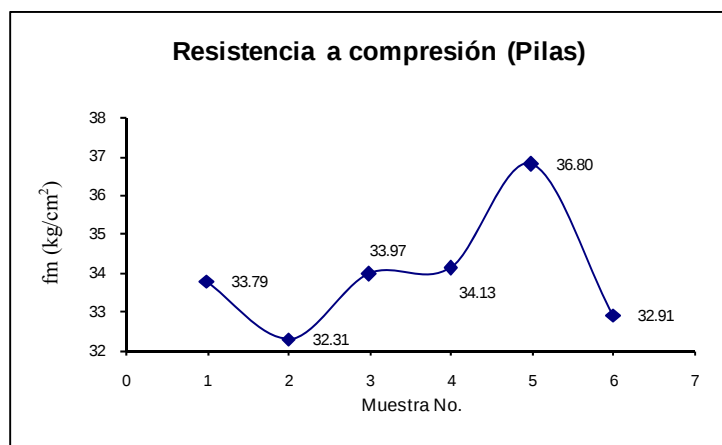
Las muestras elaboradas con mortero tipo II y espesor de junta de 3.0 cm, muestran la siguiente tabla y grafica:

Muestra 7.- Espesor de boquilla de 3.0 cm						
Pila	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	f [*] m (kg/cm ²)
I-1	12.83	36.70	25.90	33.24	9560	25.28
I-2	12.93	37.40	26.00	33.63	11000	28.91
I-3	12.90	37.40	25.97	33.50	11400	30.11
I-4	12.90	38.00	25.97	33.50	11500	30.62
I-5	12.90	37.30	25.70	33.15	11510	30.68
I-6	12.53	38.30	25.83	32.38	11010	30.89
μ	12.83	37.51	25.90	33.23	10997	29.42
σ	0.10	0.80	0.10	0.40	513	1.47
μ (f _m) = 29.42 kg/cm ² Cm = 0.15						
f [*] m = 21.40 kg/cm ²						



Por ultimo para espesor de junta de 4.0 cm y mortero tipo II se tienen los siguientes datos:

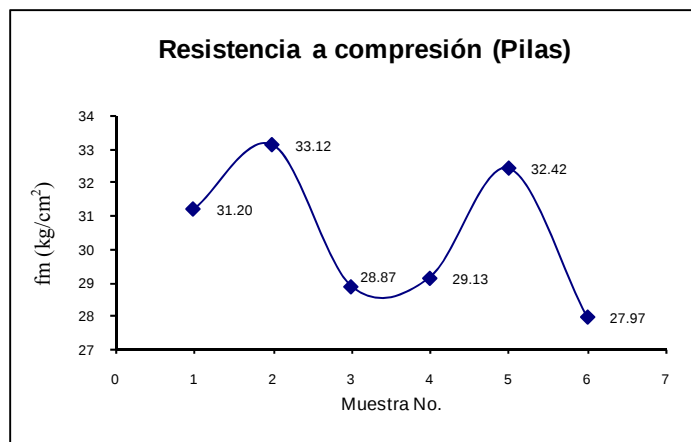
Muestra 8.- Espesor de boquilla de 4.0 cm						
Pila	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	f [*] m (kg/cm ²)
I-1	12.77	37.40	25.90	33.07	12010	32.31
I-2	12.73	38.30	25.90	32.98	12050	32.91
I-3	12.63	36.70	25.93	32.76	12500	33.79
I-4	12.70	37.40	25.90	32.89	12530	33.97
I-5	12.73	37.30	25.60	32.60	12510	34.13
I-6	12.57	38.00	25.36	31.88	13000	36.80
μ	12.69	37.52	25.77	32.70	12433	33.99
σ	0.12	0.22	0.41	0.82	423	1.675
μ (f _m) = 33.99 kg/cm ² Cm = 0.15						
f [*] m = 24.72 kg/cm ²						



Al que las muestras que fueron elaboradas con mortero tipo I, estas muestras constaban de 6 piezas de tabiques sobrepuestas.

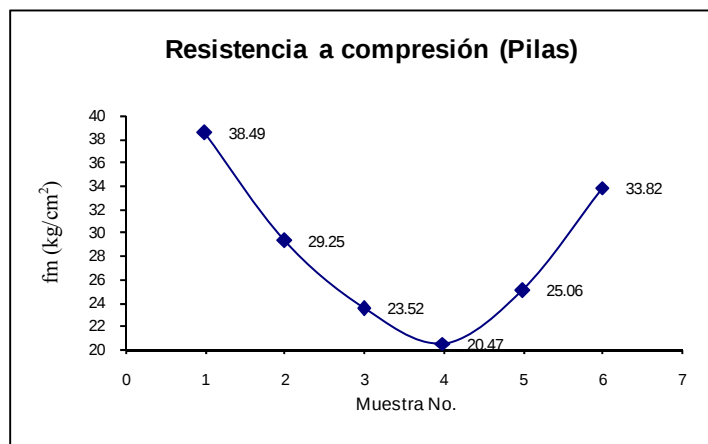
Para las muestras elaboradas con mortero tipo III ($f'_c = 39.68 \text{ kg/cm}^2$) y espesor de junta de 1.5 cm se tiene los siguientes datos:

Muestra 9.- Espesor de boquilla de 1.5 cm						
Pila	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	f_m^* (kg/cm ²)
I-1	12.57	53.60	25.80	32.42	8950	27.97
I-2	12.53	53.50	25.73	32.25	9189	28.87
I-3	12.73	53.50	25.60	32.60	9400	29.13
I-4	12.50	53.50	26.00	32.50	10000	31.20
I-5	12.77	53.50	25.63	32.73	10510	32.42
I-6	12.73	53.60	25.90	32.98	10810	33.12
μ	12.64	53.53	25.78	32.58	9810	30.45
σ	0.14	0.03	0.18	0.33	860	2.48
$\mu (f_m) = 30.45 \text{ kg/cm}^2 \quad C_m = 0.15$						
$f_m^* = 22.15 \text{ kg/cm}^2$						



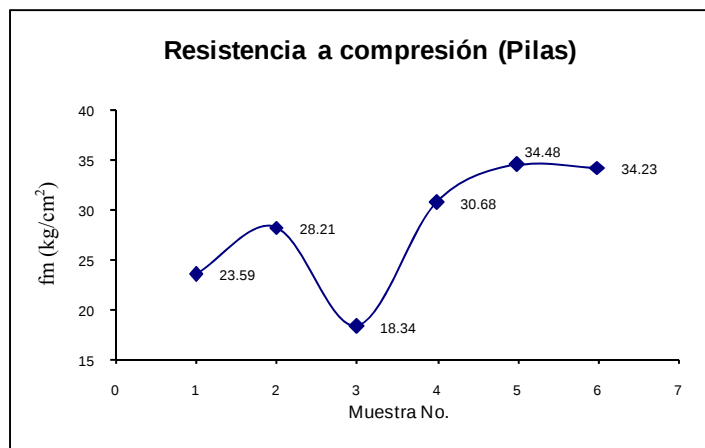
Las muestras elaboradas con mortero tipo III y espesor de junta de 2.0 cm. presentan los siguientes datos:

Muestra 10.- Espesor de boquilla de 2.0 cm						
Pila	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	f_m^* (kg/cm ²)
I-1	12.73	61.50	25.97	33.06	6500	20.47
I-2	12.77	59.50	25.83	32.98	7510	23.52
I-3	12.87	61.00	25.67	33.02	7980	25.06
I-4	12.80	57.20	25.97	33.24	9500	29.25
I-5	12.77	57.50	25.67	32.77	10810	33.82
I-6	12.83	56.70	25.83	33.15	12500	38.49
μ	12.80	58.90	25.82	33.04	9133	28.44
σ	0.07	1.70	0.15	0.27	2633	7.97
$\mu (f_m) = 28.44 \text{ kg/cm}^2 \quad C_m = 0.15$						
$f_m^* = 20.68 \text{ kg/cm}^2$						



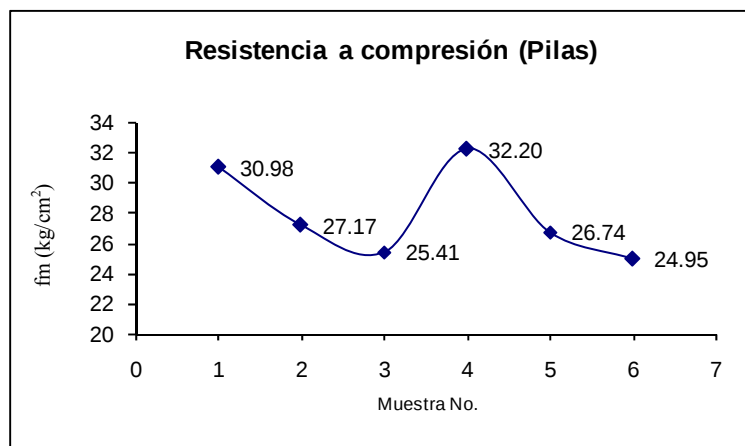
Las muestras elaboradas con mortero tipo III y espesor de junta de 3.0 cm se tiene el siguiente resultado:

Muestra 11.- Espesor de boquilla de 3.0 cm						
Pila	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	f [*] m (kg/cm ²)
I-1	12.87	57.00	25.97	33.41	6000	18.34
I-2	12.73	57.40	25.67	32.68	7520	23.59
I-3	12.90	57.60	25.87	33.37	9200	28.21
I-4	12.47	56.30	25.47	31.76	9500	30.68
I-5	12.77	58.80	25.93	33.11	11000	34.23
I-6	12.77	59.00	25.77	32.89	11000	34.48
μ	12.75	57.68	25.78	32.87	9037	28.26
σ	0.28	1.38	0.31	1.11	3037	9.92
μ (fm) = 28.26 kg/cm ² Cm = 0.15						
f*m = 20.55 kg/cm ²						



Por ultimo las muestras elaboradas con mortero tipo III y espesor de junta de 4.0 cm presentan los siguientes resultados:

Muestra 12.- Espesor de boquilla de 4.0 cm						
Pila	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	f [*] m (kg/cm ²)
I-1	12.67	55.90	25.83	32.72	8000	24.95
I-2	12.63	56.70	25.53	32.26	8000	25.41
I-3	12.67	55.80	25.67	32.51	8520	26.74
I-4	12.93	55.00	25.93	33.54	9000	27.17
I-5	12.80	57.80	25.87	33.11	10000	30.98
I-6	12.83	56.40	25.67	32.94	10400	32.20
μ	12.76	56.27	25.75	32.85	8987	27.91
σ	0.13	1.27	0.22	0.59	987	2.96
μ (fm) = 27.91 kg/cm ² Cm = 0.15						
f*m = 20.30 kg/cm ²						



Estas últimas muestras eran constituidas por más de 6 piezas de tabique superpuestas buscando que la relación de altura-espesor fuera de aproximadamente 4, para que el factor correctivo fuera aproximadamente 1.



Observaciones

Se presentaron muestras que al momento de transportarse se separaban al fallar la adherencia entre el mortero y la pieza de tabique por lo que se tuvo que ensayar la muestra aun después de que esta ya hubiese presentado esta falla.

Por otra parte durante el cabeceo se tuvo que algunas piezas se tuvieron que tallar en una superficie plana para asegurar que no se presentaran oquedades entre la pieza de tabique y el azufre.

1.2.2.- Tensión diagonal

Las cargas laterales en un muro inducen esfuerzos de tensión diagonal que pueden causar la falla del muro; este tipo de falla se reconoce porque la grieta diagonal que se produce atraviesa indistintamente las piezas y el mortero con una trayectoria aproximadamente recta. La grieta se empieza a formar en correspondencia con el centro del muro y se prolonga rápidamente hacia los extremos (Meli y Reyes 1971).

La falla por tensión diagonal ocurre cuando las piezas son de baja resistencia y tienen buena adherencia con el mortero, de lo contrario la falla es debida a los esfuerzos tangenciales en las junta.

La determinación de la resistencia de la mampostería a la tensión diagonal se obtiene a partir del ensaye de muretes con una longitud de al menos una vez y media la máxima dimensión de la pieza y con el número de hiladas necesario para que la altura sea aproximadamente igual a la longitud. Los muretes se ensayarán sometiéndolos a una carga de compresión a lo largo de su diagonal y el esfuerzo cortante medio se determinara dividiendo la carga máxima entre el área bruta del murete medida sobre la misma diagonal.

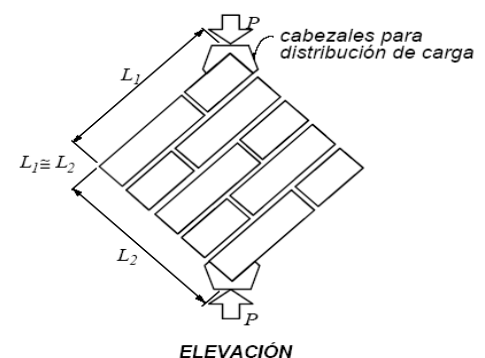


Figura 9.- Especímenes para la determinación de la resistencia a tensión diagonal

Material y equipo

- Máquina de prueba
- Cabezales de distribución de carga
- Nivel de mano
- Placas de acero
- Cinta métrica
- Pistola para silicón
- Micrómetros
- Yeso

Procedimiento

Se construyeron 6 muestras para los tres tipos de morteros elaborados (I, II y III) y para los cuatro espesores de junta de mortero (1.5, 2.0, 3.0 Y 4.0 cm) con lo cual se obtiene un total de 72 muestras.

Todos los muretes tenían una longitud de una vez y media la máxima dimensión de la pieza (Tabique).

El numero de hiladas de tabique se varió dependiendo del espesor de la junta de mortero teniendo que para los muretes de 1.5 y 2.0 cm de espesor de junta se tenían siete hiladas de tabique. Para los de 3.0 y 4.0 cm de espesor de junta se tenían seis hiladas de tabique. Todo esto debido a que la relación entre el lado mayor sobre el menor del murete debe tener un valor mayor o igual a 0.90. Todo esto de acuerdo a la norma NMX-C-416.

Las muestras permanecieron a la intemperie hasta el día del ensaye (Aproximadamente 2 meses).

Durante la transportación de las muestras a la maquina de ensaye se sujeto las mismas para asegurar que no sufrieran daño alguno.

Al colocar la muestra en la maquina de ensaye se le colocan los cabezales los cuales están sujetos con mortero de yeso. Esto asegurando la correcta nivelación de los cabezales.

El murete debe de estar centrado con respecto al cabezal de carga asegurando que este orientado por una de las diagonales de la muestra. Una vez alineado el murete el siguiente paso fue la colocación de los micrómetros en las dos diagonales de los muretes y por ambos lados del mismo.

Todo lo anterior como se muestra en la siguiente figura.



Figura 10.- Procedimiento de ensaye a tensión diagonal.

Aplicar la carga asegurando que el ensaye se aplique en un rango uniforme entre 1 y 2 minutos. Durante el ensaye se registro la deformación de la pila al aplicar cada 200 kg de carga. Por ultimo registrar la máxima carga en la maquina de ensaye.

Cálculo

$$V_m^* = \frac{V_m}{1 + 2.5 C_v}$$

Donde:

V_m^* = Resistencia de diseño a tensión diagonal muretes ensayados.

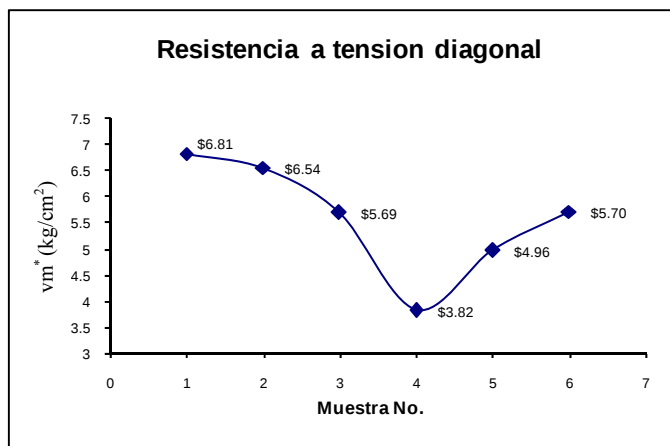
V_m = Es la media de los esfuerzos resistentes de los muretes ensayados

C_v = Es el coeficiente de variación de los esfuerzos resistentes de los muretes ensayados, que nos se tomara menor que 0.20.

Resultados

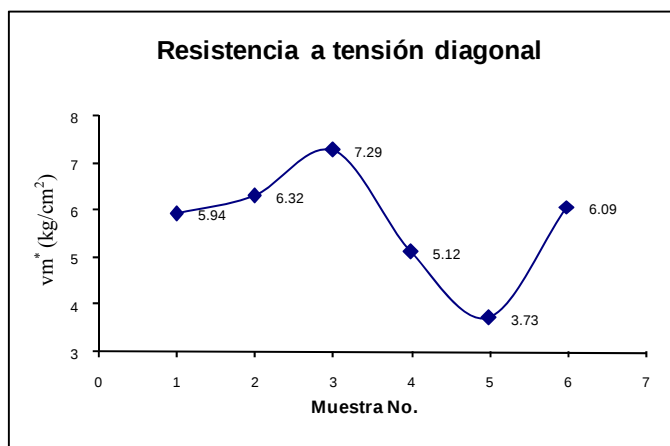
Para las muestras elaboradas con mortero tipo I ($f'c = 77.21 \text{ kg/cm}^2$) y espesor de junta de 1.5 cm se tienen los siguientes datos:

Muestra 1.- Espesor de boquilla de 1.5 cm						
Muro	b (cm)	B (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	$v^* m$ (kg/cm ²)
I-1	12.50	43.50	40.00	738.7	2820	3.82
I-2	12.50	42.50	39.50	725.3	3600	4.96
I-3	12.50	43.00	40.50	738.4	4200	5.69
I-4	12.50	43.00	40.50	738.4	4210	5.70
I-5	12.50	43.00	40.00	734.1	4800	6.54
I-6	12.50	43.00	40.00	734.1	5000	6.81
μ	12.50	43.00	40.08	734.8	4105	5.59
Σ	0.00	0.50	0.58	9.53	1285	1.77
$\mu (v m) = 5.59 \text{ kg/cm}^2$ $C_m = 0.20$						
$v m^* = 3.73 \text{ kg/cm}^2$						



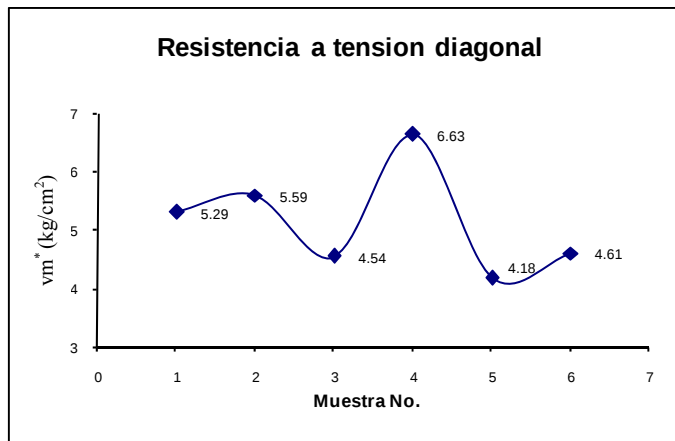
Las muestras elaboradas con mortero tipo I y espesor de junta de 2,0 cm presentan los siguientes datos:

Muestra 2.- Espesor de boquilla de 2.0 cm						
Muro	b (cm)	B (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	$v^* m$ (kg/cm ²)
I-1	12.50	39.00	40.50	702.8	2620	3.73
I-2	12.50	39.00	40.50	702.8	3600	5.12
I-3	12.50	39.50	40.50	707.2	4200	5.94
I-4	12.50	39.00	40.00	698.3	4250	6.09
I-5	12.50	39.50	40.50	707.2	4470	6.32
I-6	12.50	40.00	41.00	716.0	5220	7.29
μ	12.50	39.33	40.50	705.7	4060	5.75
Σ	0.00	0.33	0.50	7.42	1440	2.02
$\mu (v m) = 5.75 \text{ kg/cm}^2$ $C_m = 0.20$						
$v m^* = 3.83 \text{ kg/cm}^2$						



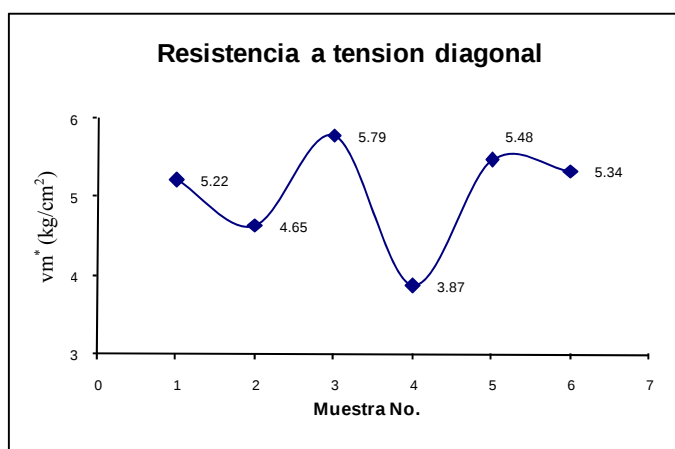
Las muestras elaboradas con espesor de junta de 3.0 cm y mortero tipo I presentan los siguientes datos:

Muestra 3.- Espesor de boquilla de 3.0 cm						
Muro	b (cm)	B (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	$v^* m$ (kg/cm ²)
I-1	12.50	42.50	40.50	733.8	3070	4.18
I-2	12.50	42.50	42.50	751.3	3410	4.54
I-3	12.50	42.50	41.00	738.2	3400	4.61
I-4	12.50	43.00	42.50	755.7	4000	5.29
I-5	12.50	43.50	41.50	751.5	4200	5.59
I-6	12.50	43.00	42.50	755.7	5010	6.63
μ	12.50	42.58	41.75	747.7	3848	5.14
Σ	0.00	0.08	1.25	13.9	778	0.96
$\mu (v m) = 5.14 \text{ kg/cm}^2$ $Cm = 0.20$						
$v m^* = 3.42 \text{ kg/cm}^2$						



Por último las muestras elaboradas con mortero tipo I y espesor de junta de 4.0 cm presentan los siguientes resultados:

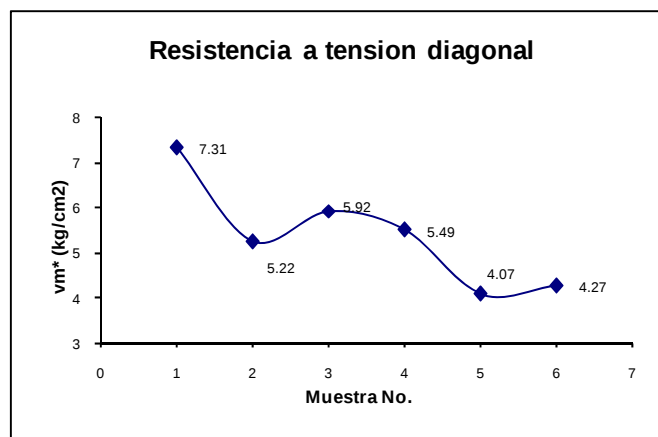
Muestra 4.- Espesor de boquilla de 4.0 cm						
Muro	b (cm)	B (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	$v^* m$ (kg/cm ²)
I-1	12.50	39.50	42.50	725.3	2810	3.87
I-2	12.50	40.00	43.00	734.1	3410	4.65
I-3	12.50	40.00	42.50	729.5	3810	5.22
I-4	12.50	38.50	43.00	721.5	3850	5.34
I-5	12.50	38.50	42.00	712.2	3900	5.48
I-6	12.50	39.50	42.50	725.3	4200	5.79
μ	12.50	39.33	42.58	724.7	3663	5.06
Σ	0.00	0.83	0.58	12.45	853	1.19
$\mu (v m) = 5.06 \text{ kg/cm}^2$ $Cm = 0.20$						
$v m^* = 3.37 \text{ kg/cm}^2$						



Las muestras que fueron elaboradas con 1.5 y 2.0 cm de espesor de junta de mortero constaban de 7 hiladas de tabique, las de 3.0 cm de espesor estaban hechas de 6 hiladas y las de 4.0 cm de espesor de junta tenían 5 hiladas de tabique buscando que los muretes tuvieran una relación de altura-ancho aproximadamente igual a 1. Todo esto igual para las muestras de mortero tipo II y III.

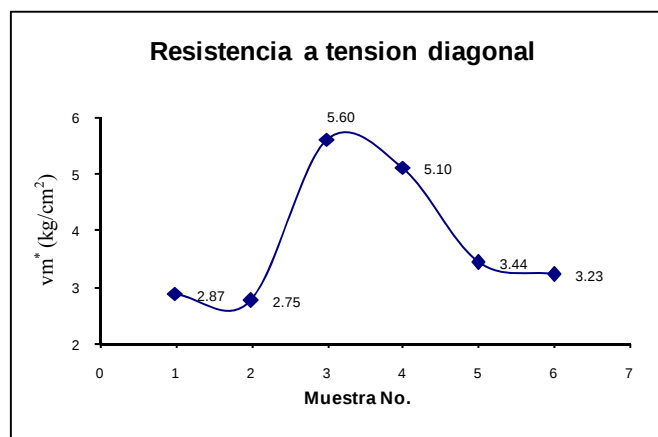
Para las muestras elaboradas con mortero tipo II ($f'c = 53.36 \text{ kg/cm}^2$) y espesor de junta de 1.5 cm se tienen los siguientes datos:

Muestra 1.- Espesor de boquilla de 1.5 cm						
Muro	b (cm)	B (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	v^*m (kg/cm ²)
I-1	12.50	43.50	40.00	738.7	3010	4.07
I-2	12.50	44.50	40.50	752.1	3210	4.27
I-3	12.50	42.00	40.50	729.3	3810	5.22
I-4	12.50	43.00	39.50	729.9	4010	5.49
I-5	12.50	44.00	40.00	743.3	4400	5.92
I-6	12.50	43.50	40.00	738.7	5400	7.31
μ	12.50	43.41	40.08	738.7	3973	5.38
Σ	0.00	1.42	0.58	9.37	763	1.31
$\mu (v m) = 5.38 \text{ kg/cm}^2$ $Cm = 0.20$						
$v^*m = 3.59 \text{ kg/cm}^2$						



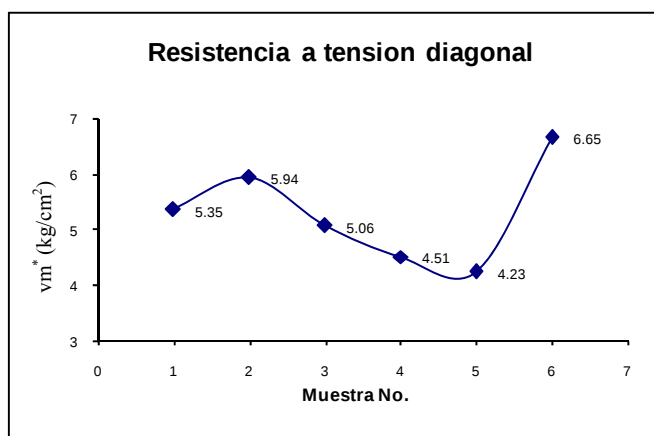
Las muestras elaboradas con mortero tipo II y espesor de junta de 2.0 cm presentan los siguientes resultados:

Muestra 2.- Espesor de boquilla de 2.0 cm						
Muro	b (cm)	B (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	v^*m (kg/cm ²)
I-1	12.50	38.50	40.00	694.0	1910	2.75
I-2	12.50	38.50	41.00	703.0	2020	2.87
I-3	12.50	40.00	41.00	716.0	2310	3.23
I-4	12.50	38.50	40.50	698.5	2400	3.44
I-5	12.50	39.50	40.50	707.2	3610	5.10
I-6	12.50	39.00	40.00	698.3	3910	5.60
μ	12.50	39.00	40.5	702.8	2693	3.83
Σ	0.00	0.50	0.50	8.83	783	1.08
$\mu (v m) = 3.83 \text{ kg/cm}^2$ $Cm = 0.20$						
$v^*m = 2.55 \text{ kg/cm}^2$						



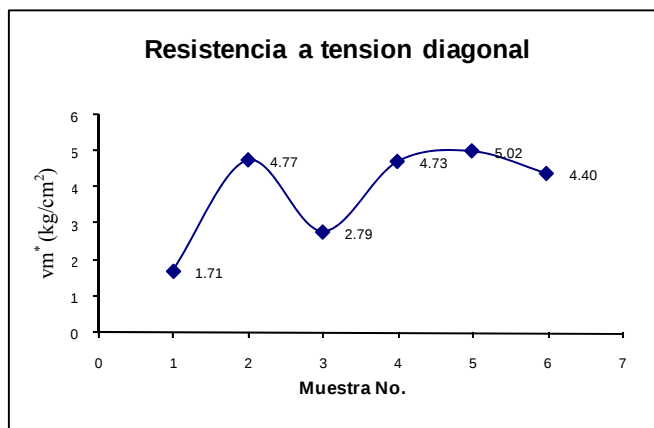
Las muestras elaboradas con mortero tipo II y espesor de junta de 3.0 cm tienen los siguientes resultados

Muestra 3.- Espesor de boquilla de 3.0 cm						
Muro	b (cm)	B (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	v * m (kg/cm ²)
I-1	12.50	43.50	42.00	755.8	3200	4.23
I-2	12.50	44.50	41.00	756.4	3410	4.51
I-3	12.50	43.00	42.00	751.3	3800	5.06
I-4	12.50	43.50	41.50	751.5	4020	5.35
I-5	12.50	43.50	40.50	742.9	4410	5.94
I-6	12.50	44.00	41.00	751.8	5000	6.65
μ	12.50	43.67	41.33	751.6	3973	5.29
Σ	0.00	0.67	0.33	8.72	773	1.06
μ (v m) = 5.29 kg/cm ² Cm = 0.20						
v * m = 3.53 kg/cm ²						



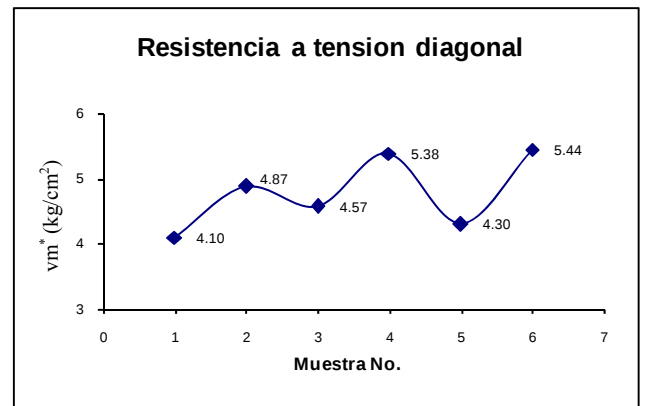
Las muestras elaboradas con mortero tipo II y espesor de junta de 4.0 cm tienen los siguientes resultados:

Muestra 4.- Espesor de boquilla de 4.0 cm						
Muro	b (cm)	B (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	v * m (kg/cm ²)
I-1	12.50	39.00	43.00	725.6	1240	1.71
I-2	12.50	38.00	43.00	717.3	2000	2.79
I-3	12.50	39.50	43.00	729.9	3210	4.40
I-4	12.50	39.00	42.50	721.0	3410	4.73
I-5	12.50	38.50	42.50	716.8	3420	4.77
I-6	12.50	39.50	42.50	725.3	3640	5.02
μ	12.50	38.92	42.75	722.7	2820	3.90
Σ	0.00	0.92	0.25	5.85	820	1.11
μ (v m) = 3.90 kg/cm ² Cm = 0.20						
v * m = 2.6 kg/cm ²						



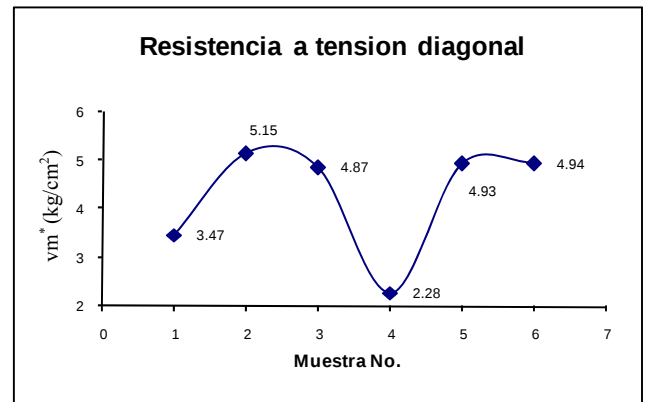
Para las muestras elaboradas con mortero tipo III ($f'c = 28.30 \text{ kg/cm}^2$) y espesor de junta de 1.5 cm se tienen los siguientes datos:

Muestra 1.- Espesor de boquilla de 1.5 cm						
Muro	b (cm)	B (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	v^*m (kg/cm ²)
I-1	12.50	44.00	39.00	735.0	3010	4.10
I-2	12.50	44.50	39.50	743.8	3200	4.30
I-3	12.50	44.50	39.50	743.8	3400	4.57
I-4	12.50	44.00	40.00	743.3	3620	4.87
I-5	12.50	44.50	39.50	743.8	4000	5.38
I-6	12.50	44.00	39.00	735.0	4200	5.44
μ	12.50	44.25	39.42	740.8	3572	4.78
Σ	0.00	0.25	0.42	5.78	562	0.68
$\mu (v m) = 4.78 \text{ kg/cm}^2 \quad C_m = 0.20$						
$v^*m = 3.19 \text{ kg/cm}^2$						



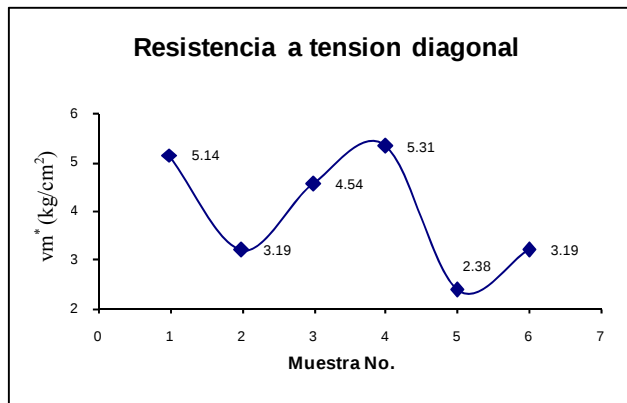
Las muestras elaboradas con mortero tipo III y espesor de junta de 2.0 cm tienen los siguientes resultados:

Muestra 2.- Espesor de boquilla de 2.0 cm						
Muro	b (cm)	B (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	v^*m (kg/cm ²)
I-1	12.50	39.50	40.50	707.2	1610	2.28
I-2	12.50	38.00	40.50	694.2	2410	3.47
I-3	12.50	39.00	40.00	698.3	3400	4.87
I-4	12.50	38.00	40.00	689.7	3400	4.93
I-5	12.50	38.50	40.00	694.0	3430	4.94
I-6	12.50	38.50	40.50	698.5	3600	5.15
μ	12.50	38.58	40.25	697.0	2975	4.27
Σ	0.00	0.58	0.25	7.28	1365	1.99
$\mu (v m) = 4.27 \text{ kg/cm}^2 \quad C_m = 0.20$						
$v^*m = 2.85 \text{ kg/cm}^2$						



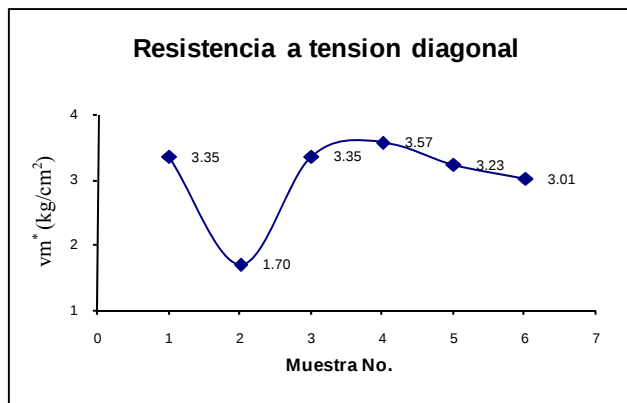
Las muestras elaboradas con mortero tipo III y espesor de junta de 3.0 cm tienen los siguientes resultados:

Muestra 3.- Espesor de boquilla de 3.0 cm						
Muro	b (cm)	B (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	v * m (kg/cm ²)
I-1	12.50	43.50	42.00	755.8	1800	2.38
I-2	12.50	44.00	41.00	751.8	2400	3.19
I-3	12.50	44.00	41.00	751.8	3400	3.19
I-4	12.50	43.00	42.00	751.4	3410	4.54
I-5	12.50	41.50	43.00	747.0	3840	5.14
I-6	12.50	44.50	41.00	756.4	4020	5.31
μ	12.50	43.42	41.68	752.4	3145	3.96
Σ	0.00	1.92	0.68	5.37	745	1.58
μ (v m) = 3.96 kg/cm ² Cm = 0.20						
v * m = 2.64 kg/cm ²						



Las muestras elaboradas con mortero tipo III y espesor de junta de 4.0 cm tienen los siguientes resultados:

Muestra 4.- Espesor de boquilla de 4.0 cm						
Muro	b (cm)	B (cm)	L (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	v * m (kg/cm ²)
I-1	12.50	38.00	42.50	712.6	1210	1.70
I-2	12.50	39.50	43.00	729.9	2200	3.01
I-3	12.50	38.00	42.50	712.6	2300	3.23
I-4	12.50	38.50	42.50	716.8	2400	3.35
I-5	12.50	38.50	43.00	721.5	2420	3.35
I-6	12.50	41.00	44.50	756.4	2700	3.57
μ	12.50	38.92	43.00	725.0	2205	3.04
Σ	0.00	0.92	0.50	12.37	995	1.34
μ (v m) = 3.04 kg/cm ² Cm = 0.20						
v * m = 2.03 kg/cm ²						





Observaciones

Se tuvo que algunas muestras se separó una pieza del murete pero aun así se optó por cabecear la otra diagonal y así poder realizar el ensaye.

También cabe señalar que se presentaron muretes con cierto desplome.

Durante el ensaye hubo muestras que presentaron falla por adherencia de la pieza y la junta de mortero, teniendo como resultado que presentaran una menor capacidad de carga.

I.2.3.- Adherencia

Diversas investigaciones hechas anteriormente han demostrado que una de las principales propiedades que determinan la calidad de una mampostería es la adherencia que existe entre la pieza y la junta de mortero. Ya que esta puede determinar en gran medida las capacidades mecánicas de la mampostería, debido que al fallar la adherencia entre la pieza y el mortero disminuye su resistencia, teniendo como ejemplo claro la resistencia a la tensión diagonal.

Para determinar la adherencia entre las piezas y la junta de mortero existe la norma NMX-C-082.

Esta norma nos señala la siguiente prueba la cual consiste en usar tres ladrillos y pegarlos según se muestra en la figura utilizando las caras destinadas a recibir el mortero de la junta horizontal. Los ladrillos se deben mojar con la cantidad suficiente de agua para impedir que la absorban del mortero.

Dicha norma nos señala que la pieza de tabique que se encuentra en la parte media deberá tener $2/3$ de la misma pegada en ambos lados a las otras dos piezas.

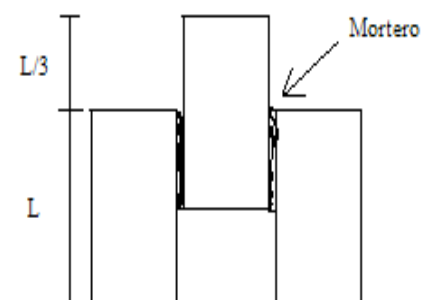


Figura 11.- Especímenes para la determinación de la adherencia entre piezas y mortero.

Material y Equipo

- Máquina de prueba
- Nivel de mano
- Cinta métrica

Procedimiento

Se construyeron 5 muestras para cada tipo de mortero (I, II y III) y por cada espesor de junta (1.5, 2.0, 3.0 y 4.0 cm) por lo que se tiene un total de 60 muestras. Cabe mencionar que el mortero que se utilizó en estas muestras es el mismo que el utilizado en pilas contando con las mismas resistencias a compresión para cada tipo.

Para asegurar que las muestras tuvieran la misma distancia al momento de aplicar la carga cuando se elaboraron se les colocó un block de concreto que permitiera tener a la misma distancia las piezas de tabique de los extremos. De igual manera la pieza de la parte media debe tener la verticalidad necesaria para que pueda recibir la carga.

Las muestras permanecieron a la intemperie hasta el momento del ensaye. Al momento de transportar las piezas a la máquina de prueba y de colocarse en la misma se debe tener el debido cuidado, esto procurando no moverlas demasiado durante el traslado.

Al colocarse en la máquina de ensaye se debe asegurar que la parte inferior y superior de la muestra hagan contacto perfecto con la superficie de la máquina y el cabezal de carga, el cual deberá estar correctamente alineado al centro de la muestra. Ver la siguiente figura.



Figura 12.- Procedimiento de ensaye para determinar la adherencia

Se aplica la fuerza sobre el espécimen de manera gradual, lentamente, sin aumentos bruscos.

Cuando la fuerza aplicada logra despegar los ladrillos, se debe de registrar la carga.

Cálculo

$$A = \frac{P}{L}$$

Donde:

A = Esfuerzo de adherencia de las muestras ensayadas (kg/cm^2)

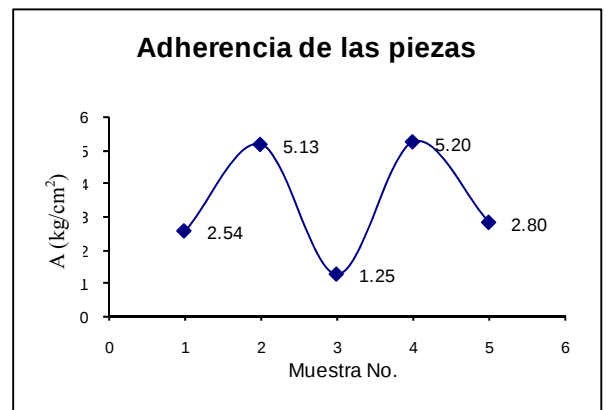
P = Carga máxima que logra despegar los ladrillos (kg)

S = Suma de las dos superficies adheridas al ladrillo central (cm^2)

Resultados

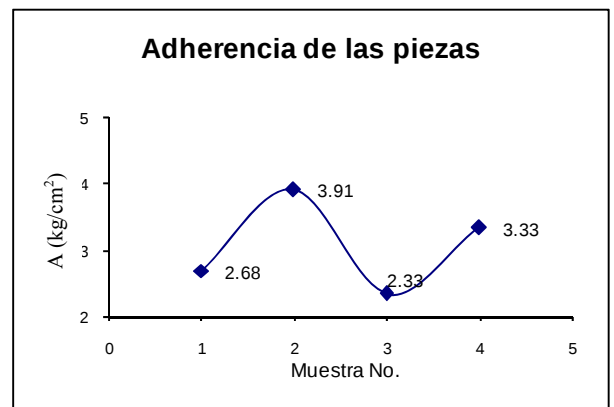
Para las muestras elaboradas con Mortero tipo I ($f'_c = 94.56 \text{ kg/cm}^2$) y espesor de junta de 1.5 cm se tienen los siguientes datos:

Muestra 1.- Espesor de boquilla 1.5 cm			
Espécimen	P (kg)	S (cm^2)	A (kg/cm^2)
I-1	560	220.14	2.54
I-2	1090	212.68	5.13
I-3	270	215.58	1.25
I-4	1150	221.00	5.20
I-5	650	232.25	2.80
μ	744	220.33	3.38
σ	474	7.65	2.13
$A^* = 3.38 \text{ kg/cm}^2$			



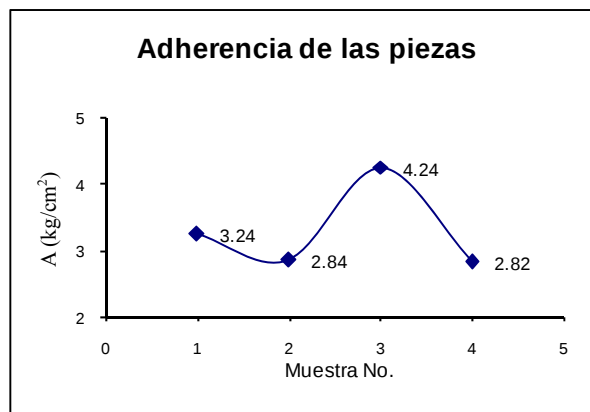
Las muestras elaboradas con Mortero tipo I y espesor de junta de 2.0 cm presentan los siguientes datos:

Muestra 2.- Espesor de boquilla 2.0 cm			
Espécimen	P (kg)	S (cm^2)	A (kg/cm^2)
I-1	590	220.00	2.68
I-2	900	230.40	3.91
I-3	520	223.08	2.33
I-4	760	228.13	3.33
I-5			
μ	692.5	225.40	3.06
σ	172.5	5.40	0.73
$A^* = 3.06 \text{ kg/cm}^2$			



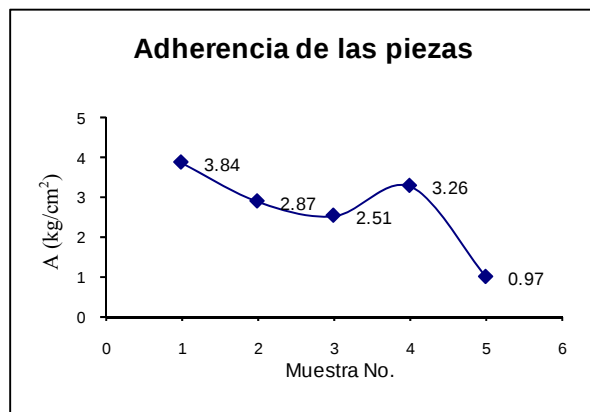
Las muestras elaboradas con Mortero tipo I y espesor de junta de 3.0 cm presentan los siguientes datos:

Muestra 3.- Espesor de boquilla 3.0 cm			
Espécimen	P (kg)	S (cm ²)	A (kg/cm ²)
I-1	720	222.50	3.24
I-2	630	221.63	2.84
I-3	940	221.63	4.24
I-4	650	230.75	2.82
I-5			
μ	735	224.13	3.29
σ	105	2.50	0.47
$A^* = 3.29 \text{ kg/cm}^2$			



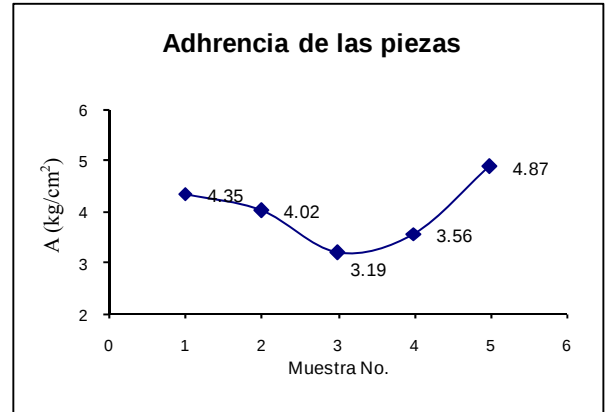
Las muestras elaboradas con Mortero tipo I y espesor de junta de 4.0 cm presentan los siguientes datos:

Muestra 4.- Espesor de boquilla 4.0 cm			
Espécimen	P (kg)	S (cm ²)	A (kg/cm ²)
I-1	830	216.05	3.84
I-2	640	223.2	2.87
I-3	560	223.25	2.51
I-4	690	211.93	3.26
I-5	220	225.75	0.97
μ	588	220.04	2.69
σ	368	8.11	1.72
$A^* = 2.69 \text{ kg/cm}^2$			



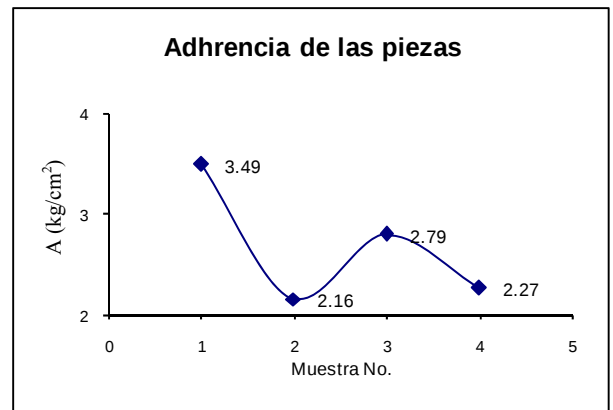
Para las muestras elaboradas con Mortero tipo II ($f'c = 61.70 \text{ kg/cm}^2$) y espesor de junta de 1.5 cm se tienen los siguientes datos:

Muestra 1.- Espesor de boquilla 1.5 cm			
Espécimen	P (kg)	S (cm ²)	A (kg/cm ²)
I-1	900	207.05	4.35
I-2	890	221.16	4.02
I-3	720	225.80	3.19
I-4	780	219.30	3.56
I-5	1100	225.70	4.87
μ	878	219.80	4.00
σ	158	12.75	0.81
$A^* = 4.00 \text{ kg/cm}^2$			



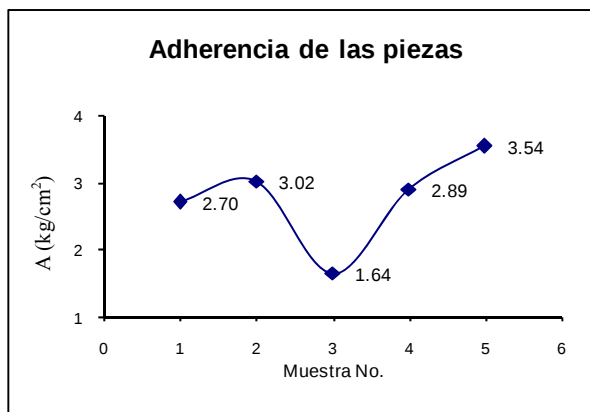
Las muestras elaboradas con Mortero tipo II y espesor de junta de 2.0 cm presentan los siguientes datos:

Muestra 2.- Espesor de boquilla 2.0 cm			
Espécimen	P (kg)	S (cm ²)	A (kg/cm ²)
I-1	810	232.20	3.49
I-2	480	222.55	2.16
I-3	610	218.40	2.79
I-4	490	216.10	2.27
I-5			
μ	597.50	220.06	2.68
σ	117.50	3.96	0.52
$A^* = 2.68 \text{ kg/cm}^2$			



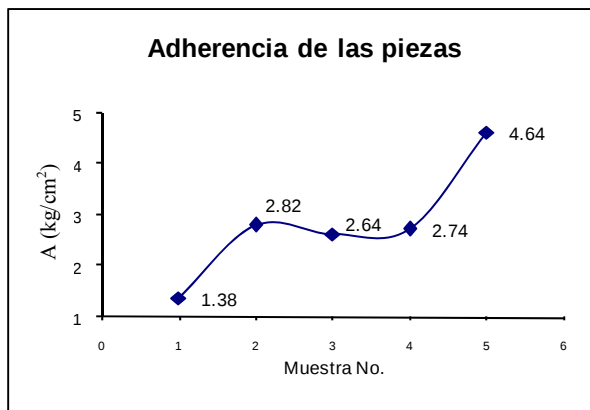
Las muestras elaboradas con Mortero tipo II y espesor de junta de 3.0 cm presentan los siguientes datos:

Muestra 3.- Espesor de boquilla 3.0 cm			
Espécimen	P (kg)	S (cm ²)	A (kg/cm ²)
I-1	610	225.80	2.70
I-2	640	212.00	3.02
I-3	370	225.00	1.64
I-4	630	217.75	2.89
I-5	710	200.83	3.54
μ	592	216.28	2.76
σ	222	15.45	1.12
A* = 2.76 kg/cm ²			



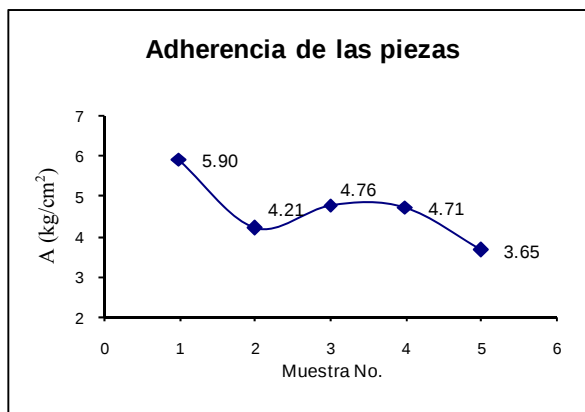
Las muestras elaboradas con Mortero tipo II y espesor de junta de 4.0 cm presentan los siguientes datos:

Muestra 4.- Espesor de boquilla 4.0 cm			
Espécimen	P (kg)	S (cm ²)	A (kg/cm ²)
I-1	310	224.25	1.38
I-2	590	209.38	2.82
I-3	610	230.75	2.64
I-4	600	219.30	2.74
I-5	900	193.80	4.64
μ	602	215.50	2.84
σ	292	21.70	1.46
A* = 2.84 kg/cm ²			



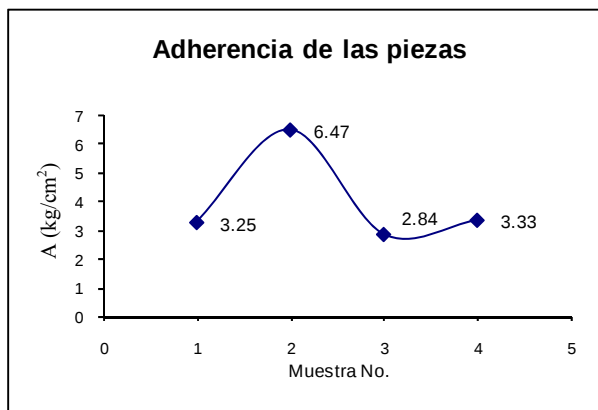
Para las muestras elaboradas con Mortero tipo III ($f'c = 39.68 \text{ kg/cm}^2$) y espesor de junta de 1.5 cm se tienen los siguientes datos:

Muestra 1.- Espesor de boquilla 1.5 cm			
Espécimen	P (kg)	S (cm ²)	A (kg/cm ²)
I-1	1120	189.69	5.90
I-2	830	197.33	4.21
I-3	952	199.90	4.76
I-4	945	200.63	4.71
I-5	700	191.57	3.65
μ	909.40	195.82	4.65
σ	79.40	6.13	1.00
$A^* = 4.65 \text{ kg/cm}^2$			



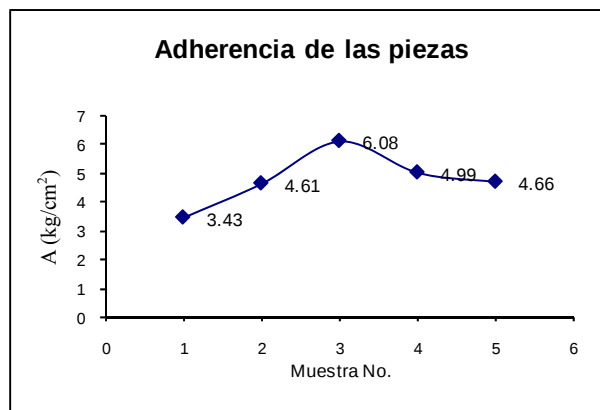
Las muestras elaboradas con Mortero tipo III y espesor de junta de 2.0 cm presentan los siguientes datos:

Muestra 2.- Espesor de boquilla 2.0 cm			
Espécimen	P (kg)	S (cm ²)	A (kg/cm ²)
I-1	650	199.75	3.25
I-2	1295	200.29	6.47
I-3	600	211.20	2.84
I-4	723	216.90	3.33
I-5			
μ	817	207.04	3.97
σ	217	7.29	1.13
$A^* = 3.97 \text{ kg/cm}^2$			



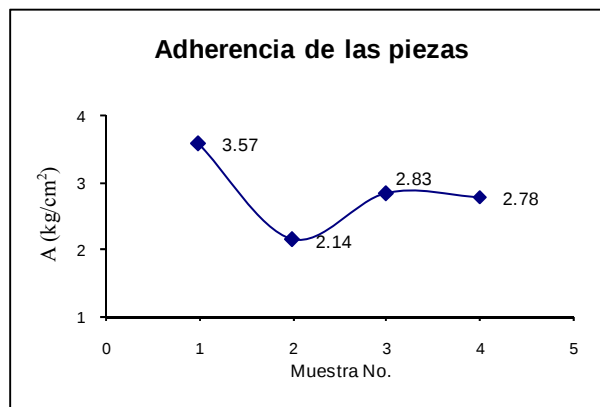
Las muestras elaboradas con Mortero tipo III y espesor de junta de 3.0 cm presentan los siguientes datos:

Muestra 3.- Espesor de boquilla 3.0 cm			
Espécimen	P (kg)	S (cm ²)	A (kg/cm ²)
I-1	652	190.25	3.43
I-2	880	190.99	4.61
I-3	1250	205.64	6.08
I-4	1024	205.32	4.99
I-5	1000	214.39	4.66
μ	961.20	201.32	4.75
σ	309.20	11.07	1.32
A* = 4.75 kg/cm ²			



Las muestras elaboradas con Mortero tipo III y espesor de junta de 4.0 cm presentan los siguientes datos:

Muestra 4.- Espesor de boquilla 4.0 cm			
Espécimen	P (kg)	S (cm ²)	A (kg/cm ²)
I-1	680	190.45	3.57
I-2	480	224.72	2.14
I-3	540	190.96	2.82
I-4	510	183.60	2.78
I-5			
μ	552.50	197.43	2.83
σ	72.50	13.83	0.69
A* = 3.19 kg/cm ²			



CAPÍTULO II.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

A lo largo de este capítulo se analizan los resultados obtenidos durante la etapa experimental, del mismo modo se discutirá la forma de comportarse de las muestras durante la etapa de ensaye. Por ultimo se comparara los datos obtenidos en este trabajo con los obtenidos en estos trabajos realizados anteriormente así como los estipulados en normas y reglamentos.

II.1.- Materiales

II.1.1- Piezas de tabique

II.1.1.1- Resistencia a compresión

Análisis de las muestras

La resistencia a la compresión se obtuvo a partir de realizar pruebas a compresión a muestras de tabique enteras a las cuales antes de realizar el ensaye se cabeceo con azufre de acuerdo a lo descrito anteriormente en la etapa experimental.

Una vez obtenida la resistencia de cada una de las piezas se prosiguió a determinar la media aritmética de estos resultados de lo cual se obtuvo que la resistencia media es igual a 47.33 kg/cm^2 teniendo una desviación de 14.12 kg/cm^2 . De lo cual se observa que el porcentaje de variación de las muestras ensayadas es del 29.83 %. Todo esto de acuerdo a la norma NMX-C-036.

De acuerdo a las normas técnicas complementarias del D.F. se tiene que la resistencia de diseño que se debe utilizar para este lote de piezas es 25.24 kg/cm^2 .

Modos de falla

En las piezas ensayadas se presentaron dos tipos de fallas principalmente, el primer tipo se presentaban grietas verticales, las cuales aparecían en la parte central del lado más largo del espécimen. Esto se ilustra en la siguiente figura:



Figura 13.- Ensayo de pieza entera de tabique con falla localizada cercana al centro.
El otro tipo de falla se presentó aproximadamente en los extremos de las piezas en su lado más largo. Esto pudo haber sido causado debido al cabeceo de las piezas las cuales presentaban irregularidades y por este motivo ocasionaba que el cabeceo no fuera uniforme.



Figura 14.- Ensayo de pieza de tabique con falla localizada cercana a la esquina.

Comparación con otros datos generados

De acuerdo con otros estudios realizados anteriormente se tiene que la resistencia a la compresión establecida por estos códigos para piezas sólidas de barro recocido son las siguientes:

Estudios	R (kg/cm ²)
ACI/ASCE/TMS	141 – 844
UBC	281 – 984
R.D.F.	25 – 500
Mely, R. y Reyes, G.A.	70

Tabla.- Resistencia a compresión estipulada en otros estudios

Al comparar los resultados obtenidos en el presente estudio con lo establecido por ACI/ASCE/TMS y UBC se observa que los resultados se encuentran fuera del rango establecido. Es importante señalar que estas dos entidades son de E.U.A. por lo cual se tiene que las piezas realizadas en este país son industrializadas, es decir, cuentan con un riguroso control de calidad al momento de elaborarse. Por lo cual se tiene que la resistencia a la compresión aumenta debido a que las piezas presentan mayor homogeneidad.

También los datos obtenidos en este estudio se encuentran fuera de lo establecido por Mely, R. y Reyes, G.A.

Comparado los resultados con lo establecido en el R.D.F se tiene que el estudio se encuentra dentro de este rango (25 – 500 kg/cm²). Esto se debe a que se emplearon tabiques elaborados artesanalmente, ya que es el proceso más común de elaboración de tabiques en México.

Investigaciones realizadas anteriormente en la UAS muestran lo siguiente: prestadores de servicio social en el año de 1991 elaboraron mayor número de ensayos para 23 muestras diferentes de lo cual obtuvieron una media aritmética de 91 kg/cm², en donde las resistencias variaron de 20 hasta 220 kg/cm². Otro estudio realizado para una tesis muestra una resistencia promedio de 94.55 kg/cm² teniendo variaciones de 45 hasta 225 kg/cm². Con lo cual se observa la gran variación que se puede tener al estudiar las piezas de tabique las cuales no presenten un control de calidad adecuado.

Cabe señalar que la poca resistencia promedio presentada en este estudio puede deberse a que se elaboraron pocas determinaciones, quizá si se hubiesen elaborado un mayor número de ensayos los resultados variarían.

II.1.1.2- Módulo de ruptura

Análisis de las muestras

El módulo de ruptura se obtuvo a partir del ensaye de piezas completas de tabique. Una vez obtenido estos resultados se calculó la media aritmética.

Se tiene una variación en cuanto al módulo de ruptura de 7.51 a 21.84 kg/cm² con lo cual se observa que existen diferencias hasta de aproximadamente tres veces mayor resistencia entre una y otra pieza sin importar que ambas fueran de la misma horneada.

Modos de falla

En esta prueba se presentó la falla común en las piezas, la cual se encontraba en la parte central de la pieza o en una zona muy aproximada a esta.



Figura 15.- La falla se presentó en una zona cercana al centro de la pieza

En algunas ocasiones aparecían otras grietas a lo largo del lado más grande de la pieza las cuales estaban en forma horizontal. En otras ocasiones al existir fallas en la fabricación de la pieza las cuales al momento del ensaye daban lugar a grietas.

Comparación con lo establecido

Un estudio realizado anteriormente en la UAS se presentó un módulo de ruptura medio igual a 10.70 kg/cm^2 lo cual se aproxima a los resultados obtenidos en este estudio. En dicho estudio se elaboraron mayor número de determinaciones teniendo con ello varias muestras de diferentes tabiquerías.

II.1.1.3.- Absorción total y peso volumétrico

Análisis de las muestras

Se calculó la absorción total y el peso volumétrico a un total de 15 piezas de tabique a las cuales se les calculó la media aritmética.

El resultado que se obtuvo para la absorción total es de 18.33% con una variación de 1.55 %. La media del peso volumétrico del total de las piezas fue de 1.59 gr/cm^3 con una variación de 0.07 gr/cm^3 . De aquí se puede observar que las piezas de tabique presentan gran uniformidad en cuanto a absorción y peso volumétrico.

Se observa que se tiene una variación del 8.46 % en cuanto a la absorción que presenta las piezas que presentan valores extremos con respecto a la media. Para el caso del peso volumétrico se presenta un porcentaje de variación de 4.40 %.

Lo cual nos lleva a deducir que al presentar las muestras uniformidad en cuanto a la absorción conlleva a que puedan presentar valores similares en cuanto a la adhesión que puedan ofrecer en conjunto con la junta de mortero de una determinada mampostería.

Relación con otras propiedades

La relación que existe entre el peso volumétrico y la absorción total se esperaría que fuera inversa, es decir, entre menor sea la absorción mayor será el peso volumétrico de las piezas de tabique. Lo cual se debe a que una pieza que presenta mayor porcentaje de absorción muy posiblemente presente gran número de huecos.

De igual manera se puede ver que la relación que existe entre el volumen y el peso volumétrico no necesariamente será proporcional ya que el peso de los mismos puede ser bajo aún cuando el volumen sea alto y viceversa debido principalmente a la aparición de huecos en las piezas.

Comparación con lo establecido

Se tiene que en un estudio realizado en la UAS se presento para las muestras de tabique recocido una absorción del 18.70 %. De igual manera un estudio realizado en el año de 1991 por una el servicio social de la UAS muestra una media de 20.75%. Otro estudio este realizado por Meli, R. y Reyes, G.A. muestra una media aritmética de 27 %.

En este estudio se tiene una media de 18.33% lo cual nos lleva a observar la similitud en cuanto a los datos generados anteriormente en los estudios de la UAS, lo cual se puede deber a las características similares del material con el cual fueron realizadas las piezas debido a que todos los estudios fueron llevados a cabo en la Ciudad de Culiacán.

Por ultimo se tiene que un porcentaje menor de la absorción en los tabiques, da como resultado una mejor adherencia entre el mortero y el tabique.

II.1.1.4.- Absorción inicial

Diversas investigaciones de laboratorio y campo han mostrado que las juntas suficientemente fuertes entre el mortero y unidades de mampostería no se logran con métodos constructivos ordinarios cuando las unidades colocadas tienen un excesivo rango inicial de absorción (ASTM C62-92c).

Una de las principales causas al realizar esta prueba es que se tiene que el mortero que ha fraguado debido a la pérdida excesiva de agua tomada por una unidad, podría no tener un buen contacto con la segunda unidad, lo cual da como resultado una pobre e incompleta adhesión, además de juntas permeables de baja resistencia. De ahí la importancia de conocer las características de absorción de las piezas y poder prevenir posibles fallas al momento de elaborar la mampostería.

Análisis de las muestras

Se calculo la absorción inicial a 10 piezas de tabique datos de los cuales se calculo la media aritmética teniendo como resultado 57.30 gr/min con una variación de 18.75 gr/min entre la media y los valores extremos.

Lo cual nos da como resultado una gran variación entre las piezas teniendo un rango de 36.46 a 86.02 gr/min.

Comparación con lo establecido

La norma ASTM C 62-92c, señala que las muestras de tabique cuya absorción inicial media exceda de 30 gr/min por cada 194 cm², debe reducirse la absorción inicial antes de su colocación, mojándolos inmediatamente antes de ser colocados.

Con objeto de observar si la muestra tomada en el estudio cumple con la medida señalada anteriormente se observa la siguiente tabla:

Muestra	(30gr/min)/104cm ²	A (cm ²)	Ai _{limite} (gr/min)	Ai (gr/min)
I	0.155 gr/min/cm ²	322.58	50.00	57.30

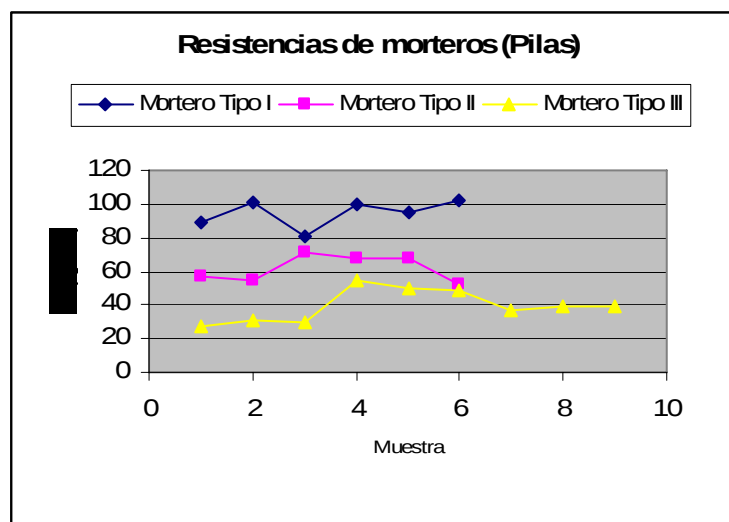
Con lo cual se observa que las piezas de tabique utilizadas en este estudio deben de mojarse para reducir su absorción inicial debido a que exceden la absorción inicial limite.

II.2.- Morteros

II.2.1.- Resistencia a compresión morteros

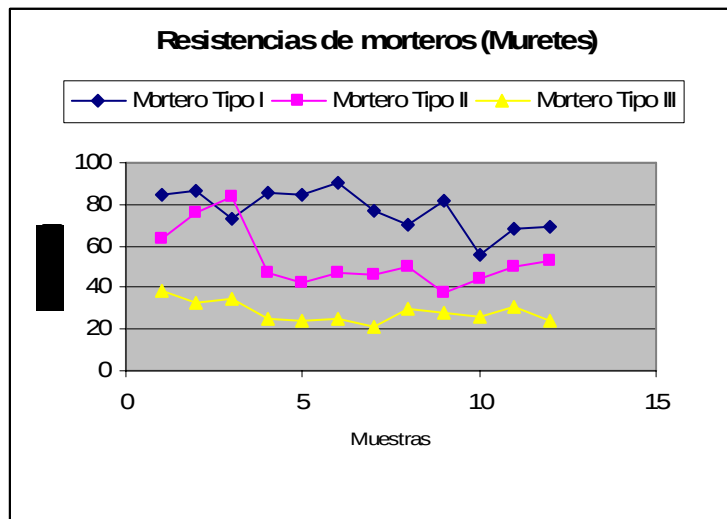
Análisis de las muestras

Como ya se mencionó anteriormente en el capítulo II para la construcción de las pilas y muretes de mampostería se sacaban tres muestras de mortero por cada batida. En total se realizaron tres tipos de mortero. Del total de ensayos realizados se tienen las siguientes dos graficas. La primera nos muestra la resistencia de las muestras de mortero que fueron utilizadas en la elaboración de pilas y la segunda la resistencia de los morteros que fueron utilizados en la elaboración de muretes.



De las muestras utilizadas en pilas se tienen las siguientes resistencias medias para cada uno de los tipos de morteros:

- Mortero Tipo I = 94.56 kg/cm^2
- Mortero Tipo II = 61.70 kg/cm^2
- Mortero Tipo III = 39.68 kg/cm^2



De las muestras utilizadas en muretes se tienen las siguientes resistencias medias por cada tipo de mortero:

- Mortero Tipo I = 77.21 kg/cm^2
- Mortero Tipo II = 53.36 kg/cm^2
- Mortero Tipo III = 28.30 kg/cm^2

De aquí se puede observar que las mezclas de mortero no alcanzaron la resistencia para las cuales fueron diseñadas de acuerdo a las proporciones descritas anteriormente. Incluso se observa variaciones entre la resistencia para un tipo de mortero por lo cual se observa que se tuvo poco control en la elaboración de la mezcla y una de las principales causas pudo haber sido el no controlar la cantidad de agua que se le añadían a cada mezcla.

Modos de falla

Los cubos de mortero tuvieron falla en forma de cono truncado debido a que la relación altura – espesor es aproximadamente igual a 1.

La falla se presenta en la siguiente figura



Figura 16.- La zona de falla se encuentra en la parte media de la pieza
Comparación con lo establecido

Se tiene la siguiente clasificación de los morteros dependiendo de su resistencia a la compresión. Esto se muestra en la siguiente tabla ya presentada anteriormente.

Tipos de morteros	Partes cemento portland	Partes cemento albañilería	Partes de cal	Partes de arena	Resistencia f'_c (kg/cm ²)
I	1	----	0 a $\frac{1}{4}$	$2.25 V_{cem} + V_{cal}$	125
	1	0 a $\frac{1}{4}$	----	ídem	
II	1	----	$\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$	$2.50 V_{cem} + V_{cal}$	75
	1	$\frac{1}{2}$ a 1	----	ídem	
III	1	----	$\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$	V_{cal}	40

Durante este trabajo se trato de realizar una muestra de cada tipo de mortero de acuerdo a esta clasificación para así poder observar el comportamiento de la mampostería teniendo en su elaboración tres tipos de resistencia, sin embargo no se tuvo un adecuado control en la realización de las mezclas por lo cual no se cumplió con este objetivo.

II.2.- Mampostería

Dentro de este capítulo se analizará los resultados obtenidos al realizar las tres diferentes pruebas a las cuales se sometió la mampostería de tabique las cuales son su resistencia a la compresión, la resistencia a la tensión diagonal y la adherencia.

El principal objetivo como ya se mencionó anteriormente es observar el comportamiento de la mampostería al modificar la resistencia de la junta de mortero y el espesor de la junta de mortero.

II.2.1.- Resistencia a compresión

Análisis de las muestras

La resistencia promedio que se obtuvo de los tres tipos de mortero es la siguiente:

- Mortero Tipo I con resistencia promedio = 94.56 kg/cm^2 .
- Mortero Tipo II con resistencia promedio = 61.70 kg/cm^2 .
- Mortero Tipo III con resistencia promedio = 39.68 kg/cm^2 .

La siguiente tabla muestra las medias aritméticas que se obtuvieron para cada tipo de espesor y mortero de las pilas ensayadas.

Resistencia a compresión (Medias aritméticas)					
Espesor Mortero	1.5 cm	2.0 cm	3.0 cm	4.0 cm	Promedio
Tipo I	29.04	29.78	34.30	33.99	31.78
Tipo II	29.73	35.50	29.42	33.99	32.16
Tipo III	30.45	28.44	28.26	27.91	28.77
Promedio	29.74	31.24	30.66	31.96	$\mu = 30.90$

Tabla.- Todos los resultados en kg/cm^2

Se obtuvo una media aritmética total igual a 30.92 kg/cm^2 , del total de ensayos se obtuvo un rango de variación de 27 a 36 kg/cm^2 . Teniendo una variación de 3.01 kg/cm^2 lo cual nos da un porcentaje de variación de 9.73 %.

De acuerdo a estudios anteriores se tiene que la resistencia de la mampostería a la compresión disminuye a medida que aumenta el espesor de la junta de mortero. Por lo cual se observa que los especímenes elaborados con Mortero Tipo III fueron los únicos que se asemejan a dichos estudios.

Ahora observando la variación de la resistencia en los especímenes que tengan similar espesor de junta de mortero, se tiene que los elaborados con 3.0 y 4.0 cm de espesor de junta de mortero presentan mayor resistencia aquellos que fueron elaborados con mortero tipo I, después los de Mortero tipo II y por último los del tipo III.

Una de las causas por la cual se tuvo tanta variación en las resistencias de los especímenes se pudo deber a que las alturas de las pilas variaron teniendo por ejemplo las muestras elaboradas con Mortero Tipo III en las cuales se buscó lograr hacer que la relación altura-espesor fuera aproximadamente igual a 4.

Otra causa de la variación en la resistencia de la mampostería pudo deberse a la variación que se presenta en la resistencia de las piezas de tabique.

Por último se observó que al momento de elaborar las muestras se presentaban piezas de tabique con dimensiones muy variables así como algunas juntas de mortero presentaban variaciones en cuanto al espesor previsto. Se tiene también que al momento de cabecear las piezas algunas no estaban lo suficientemente planas y algunos tabiques estaban un poco desplomados lo cual pudo haber generado flexión durante el ensayo.

De acuerdo a la norma NMX-C-415 se tiene que el valor de diseño de la mampostería es de 22.48 kg/cm^2 al utilizar un valor de $C_m = 0.15$.

Modos de falla

Se presenta como modo de falla más común en las pilas de mampostería grietas verticales que iniciaban en el centro o extremos de la pila, las cuales al momento de aumentar la carga se extendían en forma vertical a lo largo de la pila.



Figura 17.- La falla se presentó del centro hacia los extremos del espécimen

Cuando este agrietamiento vertical se vuelve excesivo, se produce la inestabilidad del elemento y por consiguiente, una falla súbita. Para piezas de baja resistencia, la falla se presenta por aplastamiento en compresión de las piezas de las mismas. El aplastamiento del mortero no ocasiona la falla cuando los esfuerzos son puramente axiales, ya que éste, cuando se aplasta, es retenido por fricción por las piezas, y el conjunto puede soportar cargas mayores; sin embargo, en elementos esbeltos el aplastamiento del mortero puede provocar problemas de inestabilidad (Fundación ICA, 1999).

Relación con otras propiedades

Una de las propiedades con la cual tiene relación directa la resistencia de la mampostería a la compresión es la resistencia a la compresión de las piezas de tabique.

Se tiene una media aritmética de 47.33 kg/cm² en piezas de tabique, del mismo modo se tiene una media aritmética de 30.92 kg/cm² para el total de pilas ensayadas en este estudio.

Por lo cual se obtiene que el número de veces mayor de la resistencia en las piezas de tabique con respecto a la resistencia de la mampostería es igual a:

$$f^*m = R_{\text{tabique}} / 1.5$$

donde:

f^*m = Resistencia a la compresión de la mampostería.

R_{tabique} = Resistencia a la compresión de las piezas de tabique.

Aquí se observa la relación directa que existe entre la resistencia a la compresión de la mampostería y la resistencia a la compresión de las piezas de tabique, ya que al aumentar la resistencia de las piezas de tabique se tiene una mayor resistencia a la compresión de la mampostería.

Se tiene de igual manera que la resistencia de la mampostería a la compresión puede tener relación con la adherencia entre las piezas y la junta de mortero, por lo cual se tiene que la absorción inicial que presentan las piezas de tabique es importante para conocer la adherencia que pueda existir entre pieza y mortero.

Comparación con lo establecido

Se tiene valores de la resistencia a la compresión de la mampostería de acuerdo a diferentes códigos los cuales varían según la resistencia de la pieza y el tipo de mortero que se haya usado para la realización de la mampostería.

De acuerdo al código ACI/ASCE/TMS se tiene la siguiente tabla con diferentes valores de resistencia para la mampostería:

Resistencia a la compresión de unidades de arcilla f^*m [kg/cm ² (psi)]		Resistencia a la compresión de la mampostería [kg/cm ² (psi)]
Mortero Tipo M o S	Mortero Tipo N	
168.7 (2400)	210.9 (3000)	70.3 (1000)
309.4 (4400)	386.7 (5500)	105.5 (1500)
450.0 (6400)	562.5 (8000)	140.6 (2000)
590.6 (8400)	738.2 (10500)	175.8 (2500)
731.2 (10400)	914.0 (13000)	210.9 (3000)
871.8 (12400)		246.1 (3500)
1012.4 (14400)		281.2 (4000)

Por otro lado el código UBC nos sugiere las siguientes resistencias para la mampostería:

Resistencia a la compresión de unidades de arcilla f^*m [kg/cm ² (psi)]		Resistencia a la compresión de la mampostería [kg/cm ² (psi)]
Mortero Tipo M o S	Mortero Tipo N	
372.6 (5300)	309.4 (4400)	984.3 (14000)
330.4 (4700)	267.2 (3800)	843.7 (12000)
281.2 (4000)	232.0 (3300)	703.1 (10000)
235.5 (3350)	189.8 (2700)	562.5 (8000)
189.8 (2700)	154.7 (2200)	421.8 (6000)
140.6 (2000)	112.5 (1600)	281.2 (4000)

Se tiene que en este estudio se tuvo una media aritmética de la resistencia a la compresión de las piezas de tabique de 47.33 kg/cm² por lo que se observa que la resistencia que nos da en este estudio no da siquiera la resistencia mínima de cualquiera de los dos códigos.

Cabe señalar que estos códigos fueron elaborados en E.U.A. en donde se tiene un mayor control tanto en la elaboración de las piezas como en la construcción de la mampostería misma.

De acuerdo al R.D.F. como ya se menciono anteriormente se tiene una tabla con valores de corrección de acuerdo a la relación altura-esbeltez. Siguiendo este reglamento se tiene que la resistencia de diseño a la compresión de la mampostería en estudio es de 22.48 kg/cm² esto obtenido de ensaye de las muestras.

El R.D.F. propone valores de la resistencia de diseño a la compresión de la mampostería como se muestra en la siguiente tabla:

C (kg/cm ²)	F*m (kg/cm ²)		
	Mortero I	Mortero II	Mortero III
25	10	10	10
50	20	20	20
75	30	30	25
100	40	40	30
150	50	60	40
200	80	70	50
300	120	90	70
400	140	110	90
500	160	130	110

Por lo cual se tiene finalmente que en este estudio se tuvo una resistencia media de las piezas de tabique de 47.33 kg/cm² se tuvo resistencia de morteros del tipo II y III según el R.D.F. por lo cual se observa que la resistencia de diseño según la tabla anterior debe ser igual a 20 kg/cm², de lo cual se observa que esta resistencia es menor a la resistencia de diseño que se obtuvo al realizar los ensayos.

II.2.2.-Resistencia a tensión diagonal

Análisis de las muestras

Para la elaboración de los muretes de esta prueba se utilizó tres tipos de mortero los cuales tuvieron como resultado las siguientes resistencias:

- Mortero Tipo I con resistencia promedio = 77.21 kg/cm².
- Mortero Tipo II con resistencia promedio = 53.36 kg/cm².
- Mortero Tipo III con resistencia promedio = 28.30 kg/cm².

En la siguiente tabla se muestra la media aritmética de la resistencia a tensión diagonal del total de muretes ensayados al variar la resistencia del mortero y el espesor de la junta.

Resistencia a tensión diagonal (Medias aritméticas)					
Espesor Mortero	1.5 cm	2.0 cm	3.0 cm	4.0 cm	Promedio
Tipo I	5.59	5.75	5.14	5.06	5.39
Tipo II	5.38	3.83	5.29	3.90	4.60
Tipo III	4.78	4.27	3.96	3.04	4.01
Promedio	5.25	4.62	4.80	4.00	$\mu = 4.67$

Tabla.- Todos los datos en kg/cm^2

Se tiene una media aritmética total de resistencia a la tensión diagonal de 4.67 kg/cm^2 , teniendo un rango de variación de 3.04 a 5.75 kg/cm^2 lo cual nos da una variación de 1.63 que nos genera un porcentaje de variación de 34.90% .

En esta prueba se espera que de acuerdo con otros estudios a medida que aumente el espesor de la junta de mortero la resistencia a la tensión diagonal disminuye, lo cual se observa que se cumple en las muestras elaboradas con Mortero Tipo III.

Por otro lado se tiene que a medida que aumente la resistencia del mortero la resistencia a la tensión diagonal aumenta. Se cumple con esta condición en los datos generados en este estudio en los cuales se tiene una resistencia mayor para los muretes elaborados con un mortero de mayor resistencia tomando los datos totales y observando el promedio para cada tipo de mortero.

De igual manera se observa que analizando todos los muretes elaborados con un mismo tipo de mortero o con el mismo espesor de junta se tienen variaciones. Teniendo que algunas muestras que fueron elaboradas con un espesor de junta mayor tuvieron mayor resistencia a otras que fueron elaboradas con un espesor menor.

Modos de falla

La falla que se presentó comúnmente fue siguiendo la diagonal principal en la cual se aplicaba la carga, es decir, por lo general las grietas se presentaban en dirección de los dos cabezales que transmitían la carga al murete como se muestra en la siguiente figura:



Figura 17.- La falla se presentó siguiendo la diagonal principal del espécimen. Dichos muretes presentaban resistencias uniformes las cuales se asemejaban a los resultados que se podrían esperar del ensaye.

Hubo otro tipo de falla en la realización de estos ensayos la cual se muestra a continuación:



Figura 18.- Falla presentada debido a falta de adherencia entre la pieza y la junta.

En la figura anterior se observa que el principal motivo de la falla fue la poca adherencia que se presentó entre la junta de mortero y la pieza de tabique. Esta falla se presentó en muretes tanto de espesor de junta mayores como lo son los de 4.0 cm, como aquellos de 2.0 cm de espesor.

Relación con otras propiedades

Se tiene una relación directa con la adherencia que exista entre la pieza y la junta de mortero, observando que a medida que la adherencia aumente la resistencia a la tensión diagonal aumentará.

Otra de las propiedades con las cuales se relaciona la resistencia a la tensión diagonal es la absorción inicial que presenten las piezas de tabique ya que el conocer esta propiedad nos ayuda a conocer la forma en que se debe de elaborar una determinada mampostería como el hecho de si se ocupa humedecer las piezas para que tengan una mayor adhesión a la junta de mortero.

Comparación con lo establecido

De acuerdo a lo establecido por el R.D.F. se tiene las siguientes resistencias de diseño a la tensión diagonal de acuerdo al tipo de mampostería:

Pieza	Tipo de Mortero	V_m^{*1} (kg/cm ²)
Tabique de barro cocido ($f_p^{*} \geq 60$ kg/cm ²)	I	3.5
	II y III	3
Tabique de barro con huecos verticales ($f_p^{*} \geq 120$ kg/cm ²)	I	3
	II y III	2
Bloque de concreto (pesado ²) ($f_p^{*} \geq 100$ kg/cm ²)	I	3.5
	II y III	2.5
Tabique de concreto (tabicon) ($f_p^{*} \geq 100$ kg/cm ²)	I	3
	II y III	2

¹ Cuando el valor de la tabla sea mayor que $0.8 \sqrt{f_m^*}$, en kg/cm^2 se tomara este ultimo valor como V_m^* .

Los valores de V_m^* de esta tabla son válidos para piezas que cumplen con la resistencia f_p^* señalada en ella y para mampostería con espesores entre 10 y 12 mm.

Dado que las piezas de tabique no cumplen con la resistencia a la compresión señalada en la anterior tabla teniendo una resistencia media de 47.33 kg/cm^2 menor a 60 kg/cm^2 , se tiene que para obtener la resistencia de diseño a la tensión diagonal se realizan ensayos.

De acuerdo a lo establecido por el R.D.F. se tiene una resistencia de diseño a la tensión diagonal de 3.11 kg/cm^2 lo cual se asemeja a las resistencias mencionadas en la tabla anterior para tabique de barro recocido, la cual tiene valores de 3 a 3.5 kg/cm^2 .

II.2.3.- Adherencia

Análisis de las muestras

De acuerdo a lo descrito anteriormente se tiene tres tipos de mortero diferente a los cuales se les varió el espesor de junta con lo cual se tuvo de los ensayos realizados los siguientes resultados:

Adherencia (Medias aritméticas)					
Espesor Mortero	1.5 cm	2.0 cm	3.0 cm	4.0 cm	Promedio
Tipo I	3.38	3.06	3.29	2.69	3.11
Tipo II	4.00	2.68	2.76	2.84	3.07
Tipo III	4.65	3.97	4.75	3.19	4.14
Promedio	4.01	3.24	3.6	2.91	$\mu = 3.44$

Tabla.- Resultados en kg/cm^2

De los resultados obtenidos anteriormente se tuvo una media aritmética total igual a 3.44 kg/cm^2 , obteniendo un rango de variación de 2.68 a 4.75 kg/cm^2 , la variación de los valores extremos con respecto a la media es de 0.76 kg/cm^2 lo cual representa un porcentaje de variación de 20.06% .

Se tiene que la variación de los resultados fue grande de acuerdo a lo esperado ya que se presentan mayor adherencia en muestras de espesor de junta mayor a aquellas con menor espesor de junta, esto observando las muestras para cada tipo de mortero en particular.

Lo único que se observa es que las muestras elaboradas con espesor de junta de 1.5 cm tienden a generar mayor adherencia entre la pieza y la junta de mortero.

Modos de falla

En general el modo de falla que se presentó frecuentemente fue el de separación de una de las tres piezas de la muestra, esta falla se puede observar en la siguiente figura:



Figura 19.- Falla por adherencia del espécimen de 2.0 cm de espesor de junta.

Lo cual pudo deberse a que al momento de ser construido el espécimen se colocaban las piezas una sobre la otra lo cual genera que la pieza que quedaba en la parte inferior tenga una mayor adherencia con la pieza intermedia.

Otro tipo de falla presentado en los ensayos fue el que la pieza intermedia de tabique fallara antes de la separación de la junta de mortero y las piezas extremas. Se ilustra a continuación este tipo de falla.



Figura 20.- Falla en la pieza central del espécimen.

Relación con otras propiedades

Se observa aquí que esta prueba tiene una relación directa con la resistencia a la tensión diagonal que se presentó anteriormente ya que a medida que aumenta la adherencia entre las piezas de tabique y la junta de mortero se aumenta la resistencia a la tensión diagonal.

Otra de las propiedades relacionadas con esta prueba es la absorción inicial de las piezas de tabique, ya que puede determinar al momento de la construcción de una mampostería si es necesario humedecer o no la pieza de tabique.

De igual manera el porcentaje de absorción total de la pieza puede dar a conocer la adherencia que puede haber entre la pieza y la junta de mortero, ya que a menor porcentaje de absorción la adherencia aumenta.

Comparación con lo establecido

No se encontraron otros estudios con los cuales comparar los datos generados durante este estudio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

De acuerdo a los diversos tipos de ensayos realizados en este trabajo se obtuvieron resultados que nos reflejan las capacidades mecánicas de la mampostería de tabique de barro recocido; estos valores únicamente son validos para muros que sean realizados con los materiales y piezas que se usaron durante este trabajo. Teniendo así que cada fabricante de tabiques deberá elaborar sus propios estudios para obtener resistencias de diseño que le permitan tener un adecuado margen de seguridad con respecto a la realización de un determinado proyecto.

Materiales

Para cada tipo de mortero utilizado en la construcción de las muestras que determinaron la resistencia de la mampostería a compresión, tensión diagonal y adherencia, se utilizó la misma proporción en peso de cal, cemento y arena, esto con el objetivo de obtener tres tipos diferentes de mortero los cuales reflejaran la variación en resistencia de la mampostería. De acuerdo a los resultados anteriormente descritos se registraron variaciones con respecto a lo esperado, lo cual sugiere un mayor número de pruebas que permitan conocer de manera más exacta las características de las mismas.

Las piezas de tabique presentaron valores variables en cuanto a su resistencia a la compresión, pero debido a que el objetivo del estudio era el conocer la influencia de la junta de mortero en las propiedades mecánicas de la mampostería y no así conocer las características de los materiales se elaboraron solo las determinaciones necesarias para conocer la resistencia del tabique a la compresión.

Del mismo modo se le realizaron otras pruebas a las piezas de tabique como lo son la obtención del módulo de ruptura, absorción inicial entre otras teniendo valores variables. Por lo cual se puede afirmar que se requiere un mayor número de ensayos para determinar las características de las piezas del fabricante que se utilizó en este estudio.

Mampostería

Las pruebas realizadas a la mampostería consistieron en obtener la resistencia de la mampostería a la compresión, tensión diagonal y adherencia.

De acuerdo a estudios hechos anteriormente se presentaron valores de resistencia mayor en la mampostería a medida que:

- Se disminuía el espesor de la junta de mortero.
- Se aumentaba la resistencia del mortero.

En este estudio se presentaron variaciones con respecto a lo anteriormente señalado por lo que se observa la necesidad de realizar un mayor número de determinaciones en estudios posteriores que permita observar de manera más exacta las capacidades mecánicas de la mampostería de la región.

Recomendaciones

- Al realizar un estudio práctico es necesario identificar las normas que dictan las bases para llevarlo a cabo. Ya que de acuerdo a las normas vigentes se puede tener un mayor control en los procesos de las pruebas y así tener resultados que después se puedan comparar con otros estudios similares.
- Se observa la necesidad de controlar las características de todos los insumos debido a que determinaran en gran medida las características mecánicas de la mampostería. Por lo cual es necesario que al realizar un estudio se conozcan las características que deben de cumplir cada uno de los insumos de acuerdo a las normas vigentes. Del mismo modo se observa la necesidad de capacitar al personal que se encargará de la elaboración de las muestras ya que depende de ellos en gran medida la calidad de la mampostería.
- En este estudio se generaron valores de diseño que pueden servir de base para la realización de un determinado proyecto, esto teniendo como condición que los

materiales con los cuales se realicen los muros de mampostería sean del mismo fabricante con el cual se realizaron los ensayos de este trabajo.

- Se generaron datos para un solo fabricante de tabiques con lo cual se observa que queda abierta la posibilidad de seguir con este estudio. Una de las posibilidades es el hecho de conseguir que las piezas de tabique sean de otras fábricas, así como variar la procedencia de los agregados con los cuales se realice el mortero. En general se pueden llevar a cabo una serie de combinaciones que hacen que este estudio sea solo una pequeña parte del trabajo que se puede llevar a cabo, esto con el fin de crear valores de diseño que se adecuen a la realidad prevaleciente en la zona.

Bibliografía

Fundación ICA. “Edificaciones de mampostería para vivienda”, México

Informes del instituto de ingeniería de la UNAM

Esteva L. (1961), “Comportamiento de muros de mampostería sujetos a carga vertical”, Informe No. 46, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, octubre.

Hernández. O. (1975), “Recomendaciones para el diseño y construcción de estructuras de mampostería”, Informe no. 351, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, marzo.

Hernández. O. y Meli R. (1977), “Diseño y construcción de estructuras de mampostería. Normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones para el Distrito Federal, con comentarios y ejemplos”, Informe No. 403, Instituto de Ingeniería, UNAM, México D.F., julio.

Meli R. y Hernández. O. (1971), “Propiedades de piezas para mampostería producidas en el Distrito Federal”, Informe No. 297, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, diciembre.

Meli R. y Reyes A. (1971) “Propiedades mecánicas de la mampostería”, Informe No.288, Instituto de ingeniería, UNAM, México, julio.

Meli R. y Salgado G. (1969), “Comportamiento de muros de mampostería sujetos a carga lateral”, Segundo informe, Informe No. 237, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, septiembre.

NORMAS

Gobierno del Distrito Federal (GDF, 2002), “Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras de mampostería”, Anteproyecto del comité de normas, México, D.F.

NMX – C - 006 (1976), “Ladrillos, bloques cerámicos de barro, arcilla y/o similares”, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México.

NMX – C – 010 (1986). “Industria de la construcción. Concreto. Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones”, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, México.

NMX – C – 036 (1983), “Ladrillos, Bloques y adoquines de concreto. Resistencia a la compresión. Método de prueba”, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México.

NMX – C – 037 (1987), “Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones de concreto. Determinación de la absorción de agua”, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México.



NMX – C – 038 (1974), “Determinación de las dimensiones de ladrillos y bloques para la construcción”, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México.

NMX – C – 061 (1976), “Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos”, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México.

NMX – C – 082 (1974), “Determinación del esfuerzo de adherencia de los ladrillos cerámicos y el mortero de las juntas”, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México.

ONNCCE (2002) “Anteproyecto de Norma Mexicana para la determinación de la resistencia a la compresión y del módulo de elasticidad de pilas de mampostería de barro y de concreto”, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, México.

ONNCCE (2002) “Anteproyecto de Norma Mexicana para la determinación de la resistencia a la compresión diagonal y de la rigidez a cortante de muretes de mampostería de barro y de concreto”, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, México.

Internet

<http://www.onncce.org.mx>

<http://www.inegi.com.mx>

<http://www.fundacion-ica.org.mx>

<http://www.iingen.unam.mx>