

Resultados preliminares sobre la caracterización geométrica y mecánica de la mampostería de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Preliminary results from the analysis of the geometrical and mechanical characteristics of masonry for Tuxtla Gutierrez, Chiapas

Alejandro Ruiz Sibaja¹
Jorge Aguilar Carboney¹

RESUMEN

Se presentan algunos resultados obtenidos del estudio de piezas de ladrillo de barro rojo recocido que se utilizan en la construcción de edificaciones en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. El estudio comprende la caracterización geométrica, obtención de la variación del peso, obtención del índice de absorción, determinación de la resistencia a flexión y compresión. Además de caracterizar las piezas en forma individual se realizaron ensayos de pilas de ladrillos y del mortero utilizado comúnmente en la construcción de edificaciones en Tuxtla Gutiérrez. Para estas probetas únicamente se determinó la resistencia a compresión. Se compararon los resultados obtenidos contra las recomendaciones de las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería 2004.

Palabras clave: mampostería, resistencia a compresión, mortero, ladrillo.

ABSTRACT

This paper presents the results obtained from test on clay bricks used in buildings of the city of Tuxtla Gutierrez, Chiapas, Mexico. The study includes the identification of variations on geometry properties, weight, absorption and strength of bricks. Besides the properties of individual brick units, mortar cubes and piles of bricks were tested to determine their compression strength. The results of this study are compared with the recommendations of the Mexico City code for masonry buildings.

Key words: masonry, compression strength, mortar, brick.

AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN

En Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, un porcentaje muy alto del total de las edificaciones se han hecho, total o parcialmente, de mampostería. Durante el sismo de Villaflores del 20 de octubre de 1995, algunas de estas estructuras presentaron daños originados por el desarrollo de grietas diagonales en los muros de mampostería. Esto se debió a una deficiente práctica constructiva por falta de elementos de refuerzo en el perímetro de los muros lo cual provocó concentraciones de esfuerzos. En Villaflores, población vecina a Tuxtla Gutiérrez, las estructuras de mampostería reforzada presentaron también daños estructurales y en algunos casos la construcción debió ser demolida.

Los efectos sísmicos en esta región, hacen evidente una práctica deficiente del diseño de estructuras de mampostería, y la mayor parte de los daños son a causa de configuraciones estructurales inadecuadas y falta de asesoría técnica en el proyecto, diseño y construcción de estas es-

tructuras. Es evidente que las consecuencias de los sismos han impactado principalmente al sector más desprotegido de la población chiapaneca, que por ignorancia y falta de recursos económicos recurre a la autoconstrucción y a materiales de baja calidad para edificar sus viviendas.

Un primer paso hacia una medida preventiva ante este tipo de eventos lo constituye la caracterización en laboratorio de los materiales con que se construyen los muros de mampostería de la región de Tuxtla Gutiérrez. Es así que en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas, se ha iniciado un proyecto de largo alcance en el cual se pretende caracterizar a la mampostería comúnmente utilizada en la construcción de edificaciones de Tuxtla Gutiérrez. A la fecha se tienen algunos resultados preliminares los cuales se presentan en este trabajo.

Ensayos realizados

Se ensayaron un total de 120 piezas de ladrillo de barro rojo recocido (Foto 1) de acuerdo con las

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chiapas, Blvd. Belisario Domínguez Km 1081, C.P. 29020. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
E. mail: asibaja@unach.mx

pruebas que recomienda la normativa vigente (NMX-C-021-ONNCCE, NMX-C-036-ONNCCE, NMX-C-037-ONNCCE-2005, NMX-C-061-ONNCCE, NMX-C-404-ONNCCE y NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, 2004). Para cada ensayo se utilizaron tres muestras, cada una de diez piezas, de lotes obtenidos de cuatro fabricantes distintos de Tuxtla Gutiérrez. La caracterización de cada una de las piezas de ladrillo consideró, entre otros, los siguientes aspectos:

- Medición de dimensiones (ancho, largo y espesor).
- Obtención del peso volumétrico.
- Determinación de la absorción máxima de agua.
- Ensayo de resistencia a compresión.

Además de caracterizar las piezas en forma individual se realizaron ensayos de pilas construidas con ladrillos de tres de los lotes mencionados previamente. Los ladrillos se unieron con una mezcla de mortero fabricado según las proporciones acostumbradas en la práctica local. En total se construyeron 27 pilas las cuales se ensayaron para fuerza de compresión. También se determinó la resistencia a compresión del mortero con que se unen los ladrillos. Se construyeron 18 cubos de 5 x 5 x 5 cm utilizando una proporción de 1:4:12 (cemento-cal-arena), común en la práctica local. El ensayo se realizó a la edad de 7 días del mortero.

Obtención del peso volumétrico

Las características mecánicas de las piezas de ladrillo pueden mostrar una gran dispersión aun entre piezas del mismo lote de estudio. Una de las fuentes de dispersión se debe a la irregularidad geométrica de los ladrillos utilizados en los ensayos. Esta irregularidad geométrica se puede revisar con base en el estudio de la variación del peso volumétrico entre piezas del mismo lote de ensayo. Para llevar a cabo la caracterización geométrica se utilizó una muestra de 30 piezas de ladrillo por cada uno de los 4 lotes en estudio. Se midieron las dimensiones geométricas de cada una de las piezas con ayuda de un vernier. Estos datos se procesaron estadísticamente para obtener el largo, ancho y espesor promedios. A continuación las piezas se pesaron en una balanza para obtener el peso de cada ladrillo y a partir de este dato se calculó el peso volumétrico en estado seco de cada pieza. Cabe mencionar que estos ladrillos son de fabricación artesanal, sin ningún control de calidad en su proceso de fabricación (Foto 1).

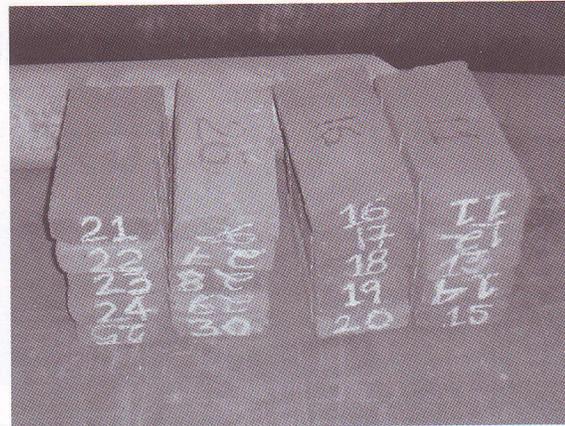


Foto 1. Ladrillos utilizados en las pruebas.

La dimensión de cada pieza se obtuvo midiendo la longitud de las líneas centrales de cada una de las caras de los ladrillos. Esto se hizo así debido a que el proceso artesanal de fabricación origina cierta irregularidad en la geometría de la pieza. Por esta razón se adoptó el criterio de tomar como longitud representativa a la longitud medida a lo largo de las líneas centrales de cada una de las caras de los ladrillos. En las Figuras 1, 2, 3 y 4 se muestran los valores registrados de los pesos volumétricos en estado seco obtenidos para cada pieza y por cada lote de estudio. En el Cuadro 1 aparecen los valores de la media, la desviación estándar y la varianza del peso volumétrico para cada lote estudiado. Se promediaron los resultados que se muestran en esta tabla y se obtuvo un peso volumétrico promedio de 1,540.29 kg/m³ que es mayor al valor mínimo de 1,300 kg/m³ para tabique de barro recocido, que se menciona en las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004).

Determinación de la absorción máxima de agua

Esta prueba se realizó para determinar la porosidad de las piezas de acuerdo con el método de prueba establecido en la NMX-C-037-ONNCCE. Se ensayaron las piezas que aparecen en los Cuadros 1 al 4. En general, el ensayo consistió en colocar los ladrillos en un horno a una temperatura entre 100 y 110 °C durante 24 horas para eliminar la humedad de las piezas (Foto 2). Al término de este tiempo se extrajeron los ladrillos y se obtuvo el peso seco para cada pieza.

Hecho lo anterior se colocaron las piezas secas dentro de un depósito con agua a temperatura ambiente donde permanecieron durante 24 horas. Al cabo de este tiempo se retiraron los ladrillos y se

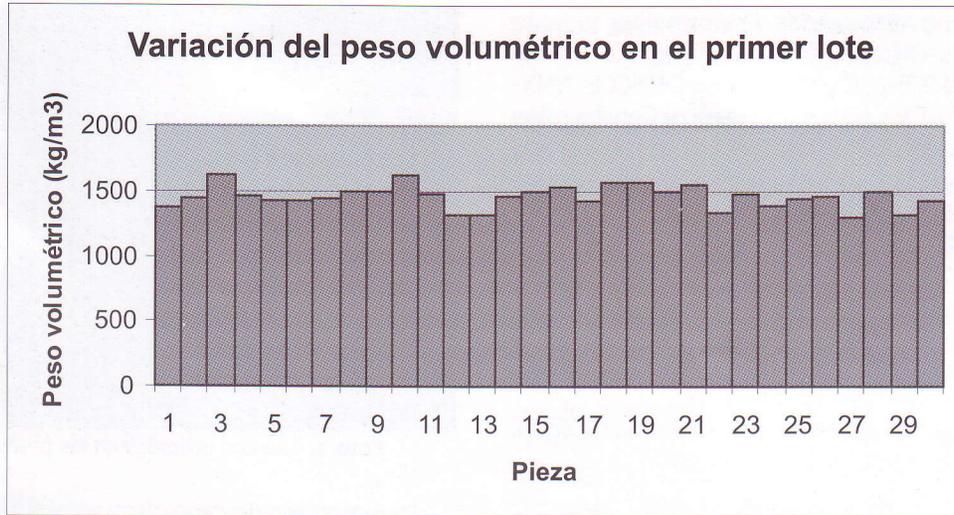


Figura 1. Variación del peso volumétrico en los ladrillos del primer lote.

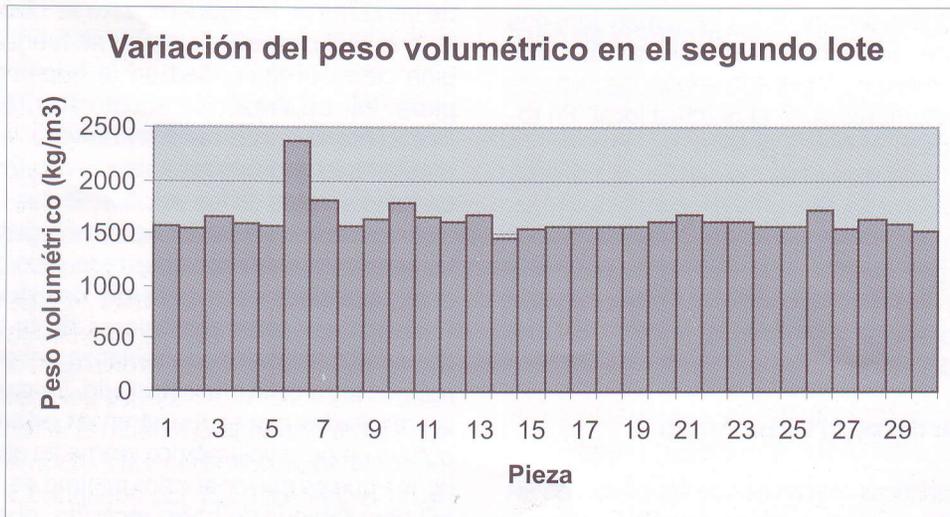


Figura 2. Variación del peso volumétrico en los ladrillos del segundo lote.

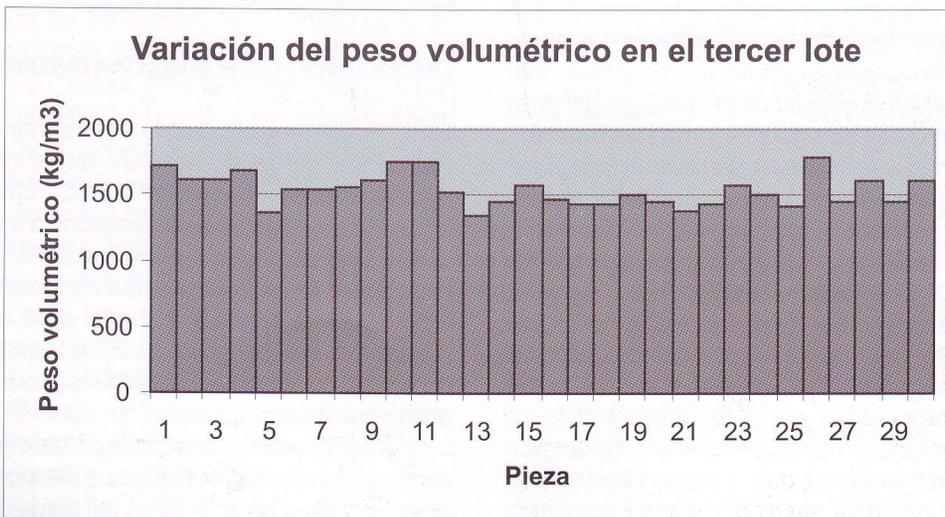


Figura 3. Variación del peso volumétrico en los ladrillos del tercer lote.

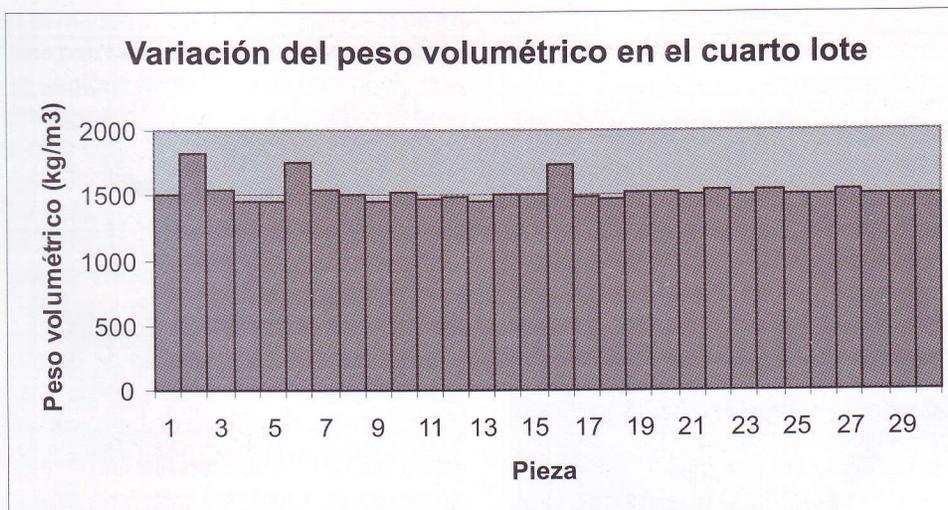


Figura 4. Variación del peso volumétrico en los ladrillos del cuarto lote.

Cuadro 1. Medidas de tendencia central del peso volumétrico de los cuatro lotes.

	Peso volumétrico (kg/m ³)			
	Primer lote	Segundo lote	Tercer lote	Cuarto lote
Media	1456	1635	1539.15	1531
Desviación estándar	86.93	155.10	119.86	86.04
Varianza	0.060	0.095	0.078	0.056

pesaron nuevamente para obtener el peso húmedo de cada uno de ellos. En el Cuadro 2 se resume el resultado de esta prueba.

Los pesos seco y húmedo que aparecen en las columnas 2 y 3 del Cuadro 2 son el promedio de los pesos registrados para cada lote durante la realización de esta prueba. De igual manera, la absorción máxima que se muestra en la columna 4 es el promedio de los porcentajes obtenidos para

cada pieza ensayada de los cuatro lotes estudiados. En la parte final del Cuadro 5 se presentan los promedios de los cuatro lotes estudiados. A partir de estos resultados se concluye que, en promedio, la absorción máxima de agua (23.22%) de estos ladrillos es mayor a la mínima recomendada (21%) por la NMX-C-404-ONNCCE (2005).

Ensayo de resistencia a compresión en los ladrillos

Esta prueba se realizó para determinar la resistencia a compresión de acuerdo con el método de prueba establecido en la NMX-C-036-ONNCCE. Se ensayaron a compresión las 120 piezas de los cuatro lotes en estudio. En la Foto 3 se muestra un detalle del proceso de ensayo a compresión.

Se registró la cantidad de carga que soporta la pieza en el momento de la aparición de la primera grieta. Una vez que ocurrió la fisuración se continuó con la aplicación de la carga hasta su fractura total. En ambos casos (aparición de la primera grieta y ruptura total) se calculó la resistencia a compresión referida al área bruta. En los Cuadros 3, 4, 5 y 6 se concentran estos resultados así como los parámetros estadísticos asociados a esta base de datos.

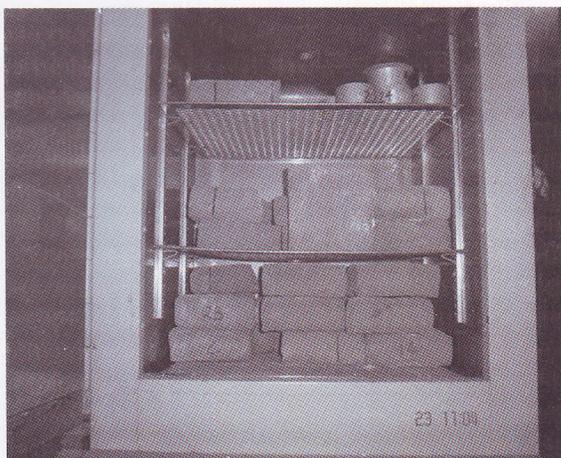


Foto 2. Proceso de secado en horno.

Cuadro 2. Absorción máxima de agua en porcentaje durante 24 h.

	Peso seco (gr)	Peso húmedo (gr)	Absorción máxima de agua en %
Primer lote	1004.46	1205.36	20.11
Segundo lote	1054.00	1373.92	30.57
Tercer lote	1189.40	1442.85	21.33
Cuarto lote	1256.92	1518.75	20.85
Promedio	1126.20	1385.22	23.22

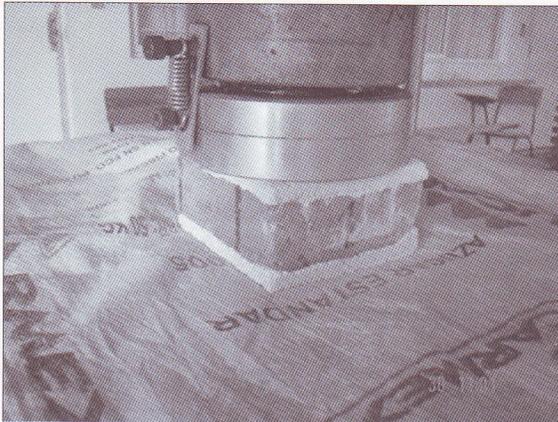


Foto 3. Proceso de ensayo a compresión.

La resistencia de diseño a compresión que se muestra en estos cuadros se obtuvo con la siguiente expresión que aparece en la NMX-C-404-ONNCE y en la sección 2.1.2 de las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004):

$$f_p^* = \frac{f_p}{1 + 2.5 C_p} \quad (1)$$

Donde f_p es la media de la resistencia a compresión de las piezas referida al área bruta y C_p es el coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las piezas. Para el cálculo de la resistencia de diseño a compresión f_p^* se optó por usar los coeficientes de variación obtenidos para cada lote en lugar del que recomiendan las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004).

Esto se decidió debido a que el coeficiente que sugieren las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004) para piezas de producción artesanal es de 0.35, un valor menor del que se muestra en los Cuadros 5, 6, 7 y 8, y que no reproduce la realidad física de los lotes ensayados.

Se promediaron los resultados para la resistencia a compresión a la ruptura total que apare-

cen en la parte final de los Cuadros 3 a 6. Se obtuvo una resistencia promedio de diseño de 28.84 kg/cm² que es menor que la resistencia mínima de 60 kg/cm² para tabique de barro recocido, que se menciona en la NMX-C-044-ONNCE (2005).

Ensayo de resistencia a compresión en el mortero

El mortero se hizo con la proporción 1:4:12 (cemento-cal-arena) comúnmente utilizada en la práctica local de edificación. La mezcla se colocó en moldes metálicos de 5×5×5 cm. La fabricación de los cubos se hizo en dos etapas, con 9 cubos por cada etapa, haciendo un total de 18 cubos de mortero. En la Foto 4 se muestra una parte de las probetas utilizadas.

Se midieron las dimensiones de la superficie de aplicación de la carga, para obtener el área de esta superficie. Posteriormente con la carga proporcionada por la máquina universal de ensaye, se determinó la resistencia a compresión del mortero.

Se colocó cada una de las piezas en la máquina universal y se les aplicó carga de compresión hasta alcanzar la fractura total del cubo de mortero. La carga correspondiente a la carga última obtenida se utilizó para calcular la resistencia a compresión del mortero.

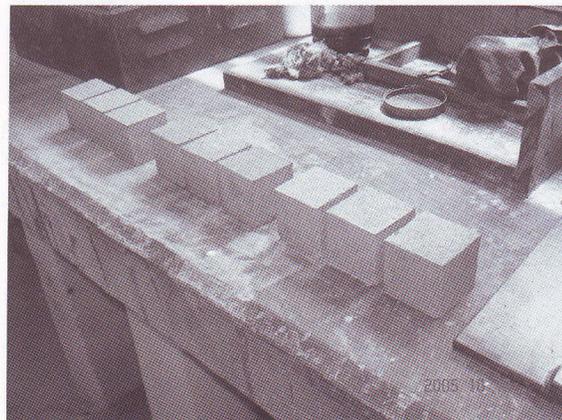


Foto 4. Probetas de mortero utilizadas.

Cuadro 3. Resistencia a compresión de los ladrillos del primer lote.

Parámetro	Resistencia a compresión primera grieta	Resistencia a compresión ruptura total
Valor medio de f_p (kg/cm ²)	22.68	66.58
Desviación estándar	13.09	27.04
Coefficiente de variación C_p	0.577	0.406
Resistencia de diseño a compresión f_p^* (kg/cm ²)	9.282	33.037

Cuadro 4. Resistencia a compresión de los ladrillos del segundo lote.

Parámetro	Resistencia a compresión primera grieta	Resistencia a compresión ruptura total
Valor medio de f_p (kg/cm ²)	7.50	34.74
Desviación estándar	4.23	13.48
Coefficiente de variación C_p	0.564	0.388
Resistencia de diseño a compresión f_p^* (kg/cm ²)	3.112	17.631

Cuadro 5. Resistencia a compresión de los ladrillos del tercer lote.

Parámetro	Resistencia a compresión primera grieta	Resistencia a compresión ruptura total
Valor medio de f_p (kg/cm ²)	33.85	64.86
Desviación estándar	11.08	21.00
Coefficiente de variación C_p	0.327	0.324
Resistencia de diseño a compresión f_p^* (kg/cm ²)	18.615	35.850

Cuadro 6. Resistencia a compresión de los ladrillos del cuarto lote.

Parámetro	Resistencia a compresión primera grieta	Resistencia a compresión ruptura total
Valor medio de f_p (kg/cm ²)	13.32	50.30
Desviación estándar	5.76	14.96
Coefficiente de variación C_p	0.564	0.388
Resistencia de diseño a compresión f_p^* (kg/cm ²)	6.398	28.849

En los Cuadros 7 y 8 se concentran los resultados de las pruebas de resistencia a compresión en el mortero así como los parámetros estadísticos asociados a esta base de datos. En particular se determinaron la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

La resistencia de diseño a compresión del mortero se obtuvo con la siguiente expresión que aparece en la NMX-C-061-ONNCCCE y en las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004):

$$f_j^* = \frac{f_j}{1 + 2.5 C_j} \quad (2)$$

Donde f_j es la media de la resistencia a compresión de los cubos de mortero y C_j es el coeficiente de variación de la resistencia a compresión del mortero. Para el cálculo de la resistencia de diseño a compresión f_j^* se optó usar los coeficientes de variación C_j obtenidos para cada lote en lugar del que recomiendan las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004).

Cuadro 7. Resistencia a compresión de las probetas de la primera etapa.

Parámetro	Carga de compresión (kg)	Resistencia a compresión f_j (kg/cm ²)
Valor medio	338.89	13.01
Desviación estándar	56.66	2.21
Coefficiente de variación C_j	0.17	0.17
Resistencia de diseño a compresión f_j^* (kg/cm ²)		9.13

Cuadro 8. Resistencia a compresión de las probetas de la segunda etapa.

Parámetro	Carga de compresión (kg)	Resistencia a compresión f_j (kg/cm ²)
Valor medio	236.11	9.02
Desviación estándar	37.47	1.48
Coefficiente de variación C_j	0.16	0.16
Resistencia de diseño a compresión f_j^* (kg/cm ²)		6.44

Al igual que en las pruebas de resistencia a compresión en los ladrillos, se tomó esta decisión debido a que el coeficiente C_j que sugieren las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004) es de 0.20, un valor mayor del que se muestra en los Cuadros 7 y 8 y que no reproduce la realidad física de las probetas ensayadas.

Se promediaron los resultados de f_j^* que aparecen en la parte final de los Cuadros 7 y 8. Se obtuvo una resistencia promedio de diseño de 7.79 kg/cm² que es menor que la resistencia mínima de 40 kg/cm² para mortero para pegar piezas, que se menciona en las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004).

Ensayo de resistencia a compresión de pilas de ladrillos

A partir de tres de los lotes utilizados en estas pruebas se fabricaron pilas con 3 piezas de ladrillos a las cuales se les realizaron pruebas a compresión. Las piezas de ladrillo se unieron con una capa de mortero de espesor aproximado de 1 cm. La proporción del mortero utilizado para unir las piezas fue de 1:4:12 (cemento-cal-arena). Por cada lote se construyeron 9 pilas y en total se ensayaron 27 pilas. En la Foto 5 se muestra el momento de la fractura de una de las pilas ensayadas.

Se obtuvo el área de la sección transversal de la cara superior de cada pila y se procedió al ensayo de resistencia a compresión. En las Figuras



Foto 5. Ensayo a compresión de una pila de ladrillos.

5, 6 y 7 se muestran los resultados de esta prueba y en el Cuadro 9 se presentan las resistencias a compresión representativas de cada lote ensayado.

La resistencia media a compresión f_m se obtuvo multiplicando por el factor correctivo 0.75 el promedio de las resistencias a compresión de las pilas de cada lote ensayado. Este factor correctivo se escogió de acuerdo con lo que se indica en el Cuadro 2.5 de las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004).

La resistencia de diseño a compresión de las pilas de cada lote se obtuvo con la siguiente expresión que se indica en la Sección 2.8.1.1 de las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004):

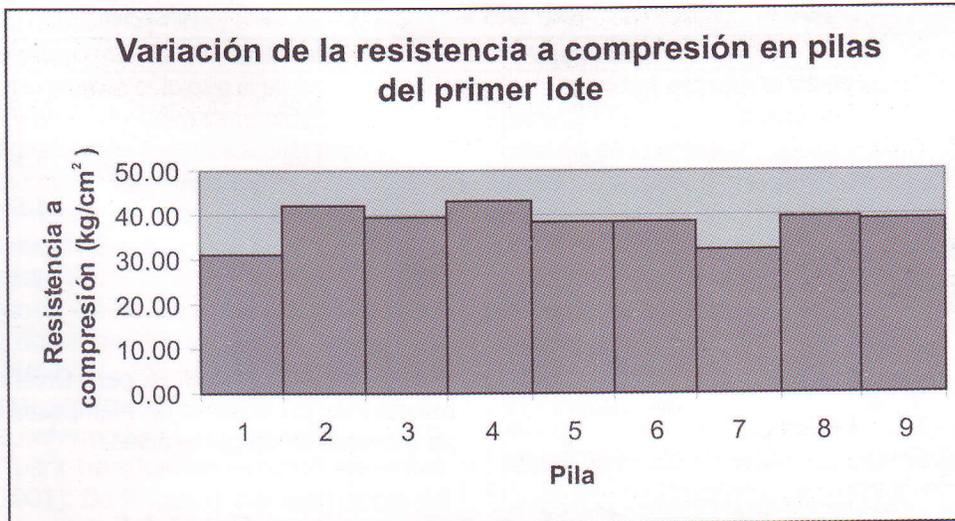


Figura 5. Variación de la resistencia a compresión en las pilas del primer lote.

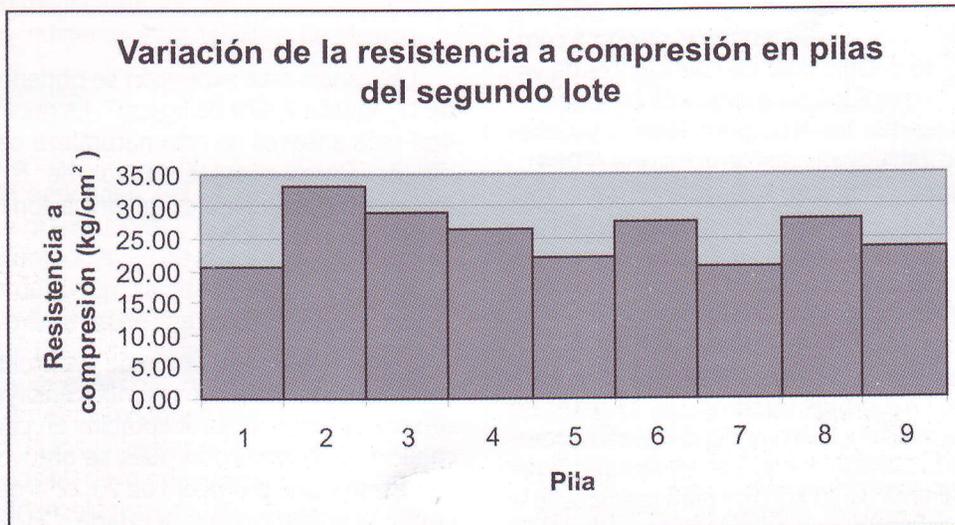


Figura 6. Variación de la resistencia a compresión en las pilas del segundo lote.

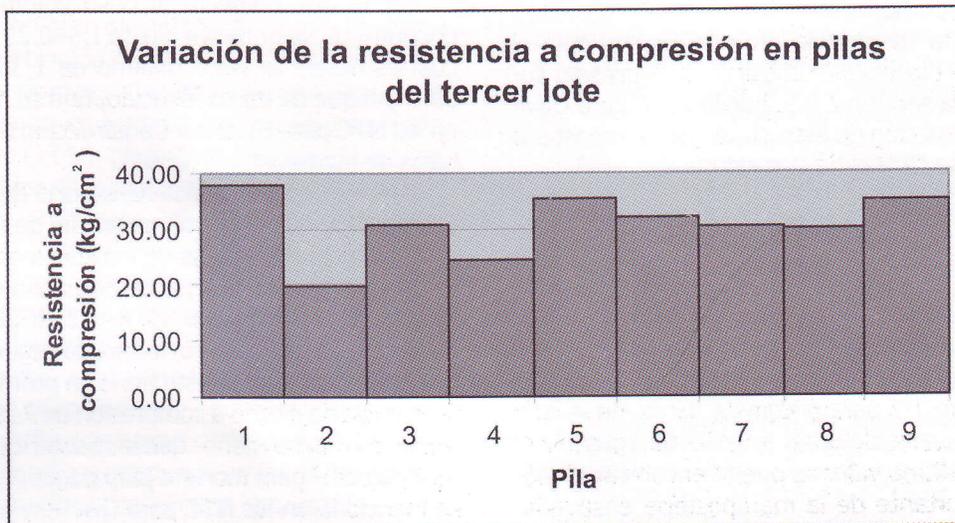


Figura 7. Variación de la resistencia a compresión en las pilas del tercer lote.

Cuadro 9. Resistencias a compresión representativas de cada lote ensayado

	Primer lote	Segundo lote	Tercer lote
Resistencia media a compresión f_m (kg/cm ²)	28.52	19.25	22.94
Desviación estándar	3.80	4.02	5.32
Coefficiente de variación C_m	0.10	0.16	0.17
Resistencia de diseño a compresión f_m^* (kg/cm ²)	22.82	13.75	16.10

$$f_m^* = \frac{f_m}{1 + 2.5 C_m} \quad (3)$$

Donde f_m es la media de la resistencia a compresión de las pilas y C_m es el coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las pilas. Para el cálculo de la resistencia de diseño a compresión f_m^* se decidió usar los coeficientes de variación C_m obtenidos para cada lote en lugar del que recomiendan las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004).

Cabe hacer notar que sólo para el primer lote se obtiene un coeficiente menor que el valor mínimo de 0.15 que sugieren las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004). En los otros dos lotes el coeficiente resultó mayor que el mínimo recomendado.

Se promediaron los resultados que aparecen en la parte final de los Cuadros 12, 13 y 14. Se obtuvo una resistencia promedio de diseño a compresión de 17.56 kg/cm² que es menor que la resistencia mínima de 20 kg/cm² para mampostería de piezas de barro, que se menciona en las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004).

Con esta resistencia promedio se calculó el módulo de elasticidad utilizando la expresión sugerida en la sección 2.8.5.2 de las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004) para cargas de corta duración:

$$E_m = 600 f_m^* \quad (4)$$

Se obtuvo así un valor de 10,536 kg/cm² para E_m . En forma optativa este resultado se puede dividir entre 1.7 para piezas de barro, de lo cual resulta un valor de igual a 6,197.65 kg/cm². Al usar este último valor se puede encontrar el módulo de cortante de la mampostería ensayada, mediante la expresión que se recomienda en la

Sección 2.8.6.2 de las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004) para cargas de corta duración:

$$G_m = 0.4 E_m \quad (5)$$

Utilizando esta expresión se obtiene un valor de G_m igual a 2,479.06 kg/cm². Es necesario realizar más ensayos de esta naturaleza para determinar valores representativos de E_m y de la mampostería utilizada en la edificación de vivienda en Tuxtla Gutiérrez.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados de las pruebas realizadas se observa que los ladrillos ensayados presentan características aceptables en cuanto a su capacidad de absorción pues se obtuvo una absorción máxima promedio de 23.22% que es mayor a la mínima recomendada (21%) por la NMX-C-404-ONNCCE (2005).

Por lo que respecta al peso volumétrico se encontró un valor promedio de 1,540.29 kg/m³ el cual es mayor al valor mínimo de 1,300 kg/m³ para tabique de barro recocido, que se menciona en las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004).

En lo que se refiere a la resistencia de diseño a compresión, se obtuvo un promedio de 28.84 kg/cm² que está por debajo de la resistencia mínima de 60 kg/cm² para tabique de barro recocido, que se recomienda en la NMX-C-044-ONNCCE (2005).

El estudio del mortero, fabricado según la práctica local, mostró que éste tiene en promedio una resistencia de diseño a compresión de 7.79 kg/cm² la cual es mucho menor que la resistencia mínima de 40 kg/cm² para mortero para pegar piezas, que se menciona en las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004).

Se calcularon valores de ν y a partir de ensayos de compresión en pilas de ladrillos. Estos resultados constituyen una primera aproximación a los módulos de elasticidad y de cortante de la mampostería utilizada en edificación de vivienda en Tuxtla Gutiérrez. No obstante es preciso realizar una mayor cantidad de ensayos de manera tal que se consiga una base de datos que permita definir módulos y representativos de la región de Tuxtla Gutiérrez.

Conviene mencionar que la mayoría de los proyectos de estructuras de mampostería que se realizan en Tuxtla Gutiérrez hacen referencia a normativas que no necesariamente tiene aplicación en esta localidad. Los resultados que se describen en este trabajo parecen confirmarlo. De lo anterior se desprende la necesidad de disponer de una norma de aplicación local relativa al diseño y construcción de estructuras de mampostería.

Hasta donde se sabe, con base en la revisión del estado del arte, esta es la primera vez que se intenta caracterizar el ladrillo que se utiliza en la construcción de muros de mampostería en Tuxtla Gutiérrez. Cabe mencionar que esta investigación está lejos de concluir y que actualmente se está trabajando en la siguiente etapa, la cual consiste en realizar ensayos de ruptura de muros de mampostería construidos a escala real.

REFERENCIAS

- NMX-C-021-ONNCCE (2004). *Industria de la construcción-Cemento para albañilería (mortero)-Especificaciones y métodos de prueba*. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C.
- NMX-C-036-ONNCCE (2004). *Industria de la construcción-Bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines-Resistencia a la compresión-Método de prueba*. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C.
- NMX-C-037-ONNCCE (2005). *Industria de la construcción-Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones-Determinación de la absorción de agua y absorción inicial de agua*. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C.
- NMX-C-061-ONNCCE (2001). *Industria de la construcción-Cemento-Determinación de la resistencia a compresión de cementantes hidráulicos*. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C.
- NMX-C-404-ONNCCE (2005). *Industria de la construcción-Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural-Especificaciones y métodos de prueba*. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C.
- Gaceta oficial del Distrito Federal (2004). *Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería*. Gobierno del Distrito Federal.