DESDE 2013
https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/issue/archive
Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI
ISSN: 2007-6363

Publicación Semestral Pädi Vol. 14 No. Especial 3 (2026) 112-121

Propiedades físico-mecánicas y cumplimiento normativo de piezas de mampostería de lotes seleccionados en Chilpancingo, Guerrero
Physico-mechanical properties and standards compliance of masonry units from selected lots in Chilpancingo, Guerrero, Mexico

I. López-Valle [a*], S. Sánchez-Tizapa [a], M. Ramos-Segura [b], D. Delgado-de la Torre [c]

a Maestría en Ingeniería para la Innovación y Desarrollo Tecnológico (MIIDT), Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México.
b Unidad Académica Regional de Educación Superior de la Zona Centro "Campus Zumpango", Universidad Autónoma de Guerrero, Zumpango del Río, Guerrero, México.
c Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México.

Resumen

El objetivo de este estudio fue caracterizar las propiedades físico-mecánicas (resistencia a compresión, absorción total y peso volumétrico) de piezas de tabicón pesado y tabique de barro recocido provenientes de productores seleccionados en Chilpancingo, Guerrero, y comparar descriptivamente los resultados experimentales y la información integrada de estudios locales previos con las especificaciones establecidas en la normativa mexicana aplicable. Se realizó un estudio descriptivo y transversal mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. La fase experimental comprendió 70 piezas de tabicón pesado y 50 piezas de tabique de barro recocido. Los resultados mostraron una elevada variabilidad entre productores, con coeficientes de variación de la resistencia a compresión de hasta 46.5 % para el tabicón pesado y 56.7 % para el tabique de barro recocido, además de un bajo porcentaje de piezas que cumplieron simultáneamente los requisitos normativos de resistencia a compresión y absorción. Se concluye que las propiedades físico-mecánicas de las piezas evaluadas presentan una importante heterogeneidad, por lo que es necesario fortalecer el control de calidad durante su fabricación para mejorar la uniformidad y el cumplimiento de la normativa mexicana aplicable.

Palabras clave: unidades de mampostería; tabicón de concreto; tabique de barro recocido; resistencia a compresión; absorción de agua.

Abstract

The aim of this study was to characterize the physical and mechanical properties (compressive strength, total water absorption, and bulk density) of heavy concrete masonry units and fired clay bricks obtained from selected producers in Chilpancingo, Guerrero, and to descriptively compare the experimental results and data integrated from previous local studies with the requirements established by the applicable Mexican standards. A descriptive cross-sectional study was conducted using non-probability convenience sampling. The experimental phase included 70 heavy concrete masonry units and 50 fired clay bricks. The results showed high variability among producers, with coefficients of variation for compressive strength reaching 46.5% in heavy concrete masonry units and 56.7% in fired clay bricks, together with a low proportion of units simultaneously meeting the standard requirements for compressive strength and water absorption. These results indicate substantial heterogeneity in the physical and mechanical properties of the evaluated units and highlight the need to strengthen quality-control practices during manufacturing to improve compliance with the applicable Mexican standards.

Keywords: concrete masonry units; fired clay bricks; compressive strength; water absorption; masonry units.

1. Introducción

Las piezas de mampostería son ampliamente utilizadas en la construcción de viviendas en Chilpancingo, Guerrero. De acuerdo con el material empleado en su fabricación, pueden clasificarse en piedra natural, tabique, tabicón y block. Estas unidades se unen mediante morteros elaborados con cal, cemento o una combinación de ambos (López, 2014). Los muros construidos con estas piezas pueden cumplir funciones estructurales o no estructurales, dependiendo del sistema constructivo y del uso previsto. En ambos casos, la calidad de las unidades influye directamente en su desempeño y, cuando

*Autor para la correspondencia: 14672@uagro.mx
Correo electrónico: 14672@uagro.mx (Imelda López-Valle), 11061@uagro.mx (Sulpicio Sánchez-Tizapa), mramoss@uagro.mx (Manuel Ramos-Segura), 13702@uagro.mx (Daniel Delgado-de la Torre).

Historial del manuscrito: recibido el 12/05/2026, última versión-revisada recibida el 23/08/2026, aceptado el 08/09/2026, publicado el 06/11/2026. **DOI:** https://doi.org/10.29057/icbi.v14iEspecial3.17824

CC BY NC ND

se destinan a fines estructurales, deben satisfacer las especificaciones establecidas en la normativa mexicana aplicable (Altamirano, 2016).

Respecto al proceso de fabricación, López (2014) señala que el tabique de barro recocido se obtiene mediante el moldeo de una mezcla arcillosa, seguido de un proceso de secado al ambiente que permite la pérdida gradual de humedad antes de su cocción en horno. Durante esta etapa pueden presentarse pequeñas grietas cuando el secado no se realiza adecuadamente o las piezas se exponen directamente a la radiación solar. Por ello, antes de la cocción deben encontrarse secas, libres de grietas y con aristas bien definidas. En el caso de las piezas de concreto, Cuevas et al. (2020) indican que su fabricación se realiza en pequeñas plantas bajo condiciones convencionales de producción, donde las piezas son sometidas a un proceso de curado mediante riego y cubiertas plásticas para conservar la humedad hasta alcanzar las condiciones requeridas para su distribución. En ambos tipos de piezas, el control de calidad durante la fabricación constituye un factor determinante para la uniformidad de sus propiedades físico-mecánicas, por lo que deficiencias en este proceso pueden incrementar la variabilidad de su desempeño.

Por otra parte, el comportamiento observado en las construcciones de mampostería ha evidenciado una limitada capacidad de deformación antes de la falla. Bajo la acción de cargas laterales, estos sistemas pueden presentar un comportamiento frágil y colapsar de manera súbita, lo que incrementa su vulnerabilidad en zonas de amenaza sísmica (Muñoz, 2007; Zacarías, 2021). En este contexto, la caracterización de las propiedades físico-mecánicas de las piezas constituye un elemento fundamental para la evaluación del comportamiento potencial de las estructuras de mampostería, ya que dichas propiedades representan parámetros básicos para su diseño y verificación conforme a la normativa aplicable (Ramírez, 2023).

En la zona de estudio se han desarrollado diversas investigaciones relacionadas con las propiedades físicas, mecánicas y estructurales de la mampostería. Contreras y Hernández (2012) caracterizaron las propiedades físicas y mecánicas de diferentes tipos de piezas utilizadas en la región Centro del estado de Guerrero. Posteriormente, Cuevas et al. (2020) evaluaron las propiedades físicas y mecánicas del tabicón sólido fabricado con agregado producto de trituración, verificando su cumplimiento con las normas mexicanas vigentes. Por su parte, López (2014) estudió la capacidad de carga de pilas y muretes construidos con tabique de barro recocido, mientras que Ramos (2014) analizó el comportamiento de muros de mampostería confinada sometidos a cargas laterales para evaluar la influencia de la cadena intermedia y del espesor del muro sobre su respuesta estructural. En conjunto, estos estudios han contribuido al conocimiento del comportamiento de la mampostería en la región; sin embargo, sus resultados corresponden a diferentes materiales, periodos de estudio y objetivos experimentales.

Diversos estudios han documentado que las propiedades físico-mecánicas de las piezas de mampostería presentan una variabilidad asociada al origen de las materias primas, los procesos de fabricación y el control de calidad aplicado durante su producción. En el contexto nacional, Flores et al. (2013) reportaron que la mampostería elaborada con tabique de barro recocido en Chilpancingo presenta una amplia dispersión en sus propiedades mecánicas, mientras que Tena et al. (2017) señalaron que el mejoramiento de los procesos de fabricación y del control de calidad de las piezas de concreto contribuye a incrementar su resistencia y reducir su variabilidad. Estos antecedentes respaldan la necesidad de continuar caracterizando las propiedades de las piezas utilizadas en diferentes regiones del país. No obstante, en Chilpancingo, Guerrero, la información disponible permanece dispersa en estudios desarrollados en distintos periodos y con diferentes alcances experimentales, lo que dificulta contar con una visión integrada del comportamiento de las piezas empleadas en la región y de su grado de cumplimiento con la normativa mexicana vigente. En este contexto, resulta pertinente integrar y analizar de manera descriptiva la información experimental disponible, con el propósito de proporcionar un panorama actualizado que apoye la evaluación de las propiedades físico-mecánicas de las piezas de mampostería provenientes de lotes seleccionados en la región.

En este contexto, el objetivo de este estudio fue caracterizar las propiedades físico-mecánicas —resistencia a compresión, absorción total y peso volumétrico— de piezas de tabicón pesado y tabique de barro recocido provenientes de productores seleccionados en Chilpancingo, Guerrero; asimismo, comparar descriptivamente los resultados de la fase experimental y, de manera diferenciada, la información integrada de estudios locales previos con las especificaciones establecidas en la normativa mexicana aplicable.

2. Materiales y métodos

2.1 Diseño del estudio y muestreo

El estudio se desarrolló mediante un diseño descriptivo y transversal de lotes comerciales de piezas de mampostería seleccionados en Chilpancingo, Guerrero. La investigación comprendió dos componentes: una fase experimental propia, correspondiente a la caracterización físico-mecánica de piezas obtenidas de productores seleccionados, y una integración descriptiva de información proveniente de estudios experimentales previos realizados en la misma zona de estudio. Ambas fuentes de información se analizaron de manera diferenciada y se utilizaron exclusivamente con fines descriptivos y de comparación con la normativa mexicana aplicable.

Los productores fueron identificados mediante recomendaciones de profesionales del sector de la construcción y seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando su disponibilidad y accesibilidad dentro de la zona de estudio. La fase experimental comprendió piezas de tabicón pesado provenientes de siete productores y piezas de tabique de barro recocido provenientes de cinco productores. El número de especímenes evaluados varió de acuerdo con la propiedad físico-mecánica determinada y con la disponibilidad de información para cada ensayo. En las determinaciones de resistencia a compresión y absorción se evaluaron cinco piezas por productor, mientras que las mediciones de dimensiones y peso volumétrico se realizaron conforme a la disponibilidad de especímenes requerida para cada procedimiento. La distribución de los datos experimentales y de la información integrada procedente de estudios previos se presenta en la Tabla 1.

2.2 Caracterización físico-mecánica de las piezas

Los procedimientos experimentales para la caracterización físico-mecánica de las piezas y la evaluación de su cumplimiento con la normativa mexicana se realizaron conforme a las Normas Mexicanas NMX-C-036-ONNCCE-2013 (ensayo de compresión), NMX-C-037-ONNCCE-2013 (absorción de agua), NMX-C-038-ONNCCE-2013 (determinación de dimensiones) y NMX-C-404-ONNCCE-2012 (especificaciones para piezas de mampostería). Las versiones citadas corresponden a las empleadas durante la ejecución de los ensayos y fueron verificadas durante la preparación de la presente versión del manuscrito. La caracterización comprendió la determinación de las dimensiones, la absorción total de agua, el peso volumétrico y la resistencia a compresión, conforme a los procedimientos establecidos en dichas normas.

2.2.1 Determinación de dimensiones, absorción y peso volumétrico

Las dimensiones de las piezas —largo, ancho y alto— se determinaron conforme a la NMX-C-038-ONNCCE-2013 utilizando un vernier analógico. Para cada dimensión se realizaron tres lecturas y se empleó el valor promedio en los cálculos posteriores. La absorción total de agua se determinó conforme a la NMX-C-037-ONNCCE-2013 utilizando cinco piezas por productor. Los especímenes se secaron en horno a $105 \pm 5\,℃$ hasta alcanzar masa constante y posteriormente se sumergieron en agua durante 24 h. Al término del periodo de inmersión, el exceso de agua superficial se retiró con un trapo limpio y húmedo para obtener la masa saturada y superficialmente seca (M_{sss}). La masa seca (M_s) y saturada y superficialmente seca (M_{sss}) se determinaron mediante una báscula digital comercial con resolución de 1 g. La absorción total se calculó mediante la Ecuación (1).

$$A = \frac{M_{sss} - M_s}{M_s}\, x\, 100 \qquad (1)$$

Donde: A es la absorción total (%), M_{sss} es la masa saturada y superficialmente seca de la pieza (g) y M_s es la masa seca de la pieza (g). La Figura 1 muestra las piezas de tabique de barro recocido durante la etapa de secado posterior al ensayo de absorción.

Adicionalmente, se determinó el peso volumétrico utilizando los mismos cinco especímenes por productor. Para ello, se empleó la masa seca de cada pieza, obtenida después del secado en horno hasta alcanzar masa constante, y el volumen aparente, calculado como el producto de las dimensiones promedio (largo × ancho × alto), conforme a la Ecuación (2).

$$V = L\ X\ A\ X\ H \qquad (2)$$

Donde: V es el volumen aparente de la pieza (m³), L corresponde al largo (m), A al ancho (m) y H a la altura (m). El peso volumétrico seco se calculó mediante la Ecuación (3).

$$\rho = \frac{M_s}{V} \qquad (3)$$

Donde: ρ representa el peso volumétrico (kg/m³), M_s la masa seca de la pieza (kg) y V el volumen aparente (m³).



Figura 1. Piezas de tabique de barro recocido durante la etapa de secado posterior al ensayo de absorción.

2.2.2 Ensayo de resistencia a compresión

El cabeceo de las piezas se realizó conforme a la NMX-C-036-ONNCCE-2013. Los ensayos de compresión se efectuaron en una prensa hidráulica universal con indicador digital de carga, ubicada en un laboratorio de control de calidad acreditado. Las piezas se colocaron en su posición normal de servicio entre placas de apoyo, de manera que la carga se aplicó perpendicularmente a la superficie de apoyo. La velocidad de aplicación de la carga fue de 0.25 ± 0.05 MPa/s (equivalente a 2.55 ± 0.51 kg/cm²/s), conforme a lo establecido en la NMX-C-036-ONNCCE-2013. El ensayo concluyó al alcanzarse la carga máxima y producirse la falla del espécimen. La resistencia a compresión de cada pieza (f_p) se determinó como el cociente entre la carga máxima aplicada y el área bruta de la sección transversal, calculada como el producto del ancho por el largo de la pieza, expresándose los resultados en kg/cm², conforme a la Ecuación (4). Se ensayaron cinco piezas por productor, como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Ensayo de resistencia a compresión de las piezas de mampostería.
Fuente: elaboración propia

$$f_p = \frac{P}{A} \quad (4)$$

Donde:
f_p= resistencia a compresión de la pieza (kg/cm²);
P= carga máxima aplicada (kg);
A= área bruta de la sección transversal (cm²).

La resistencia de diseño a compresión (f'_p) se determinó conforme a la NMX-C-404-ONNCCE-2012. Cuando no se dispone del número de ensayes requerido para calcular el coeficiente de variación representativo del lote, la norma establece la adopción de valores mínimos de C_p en función de las condiciones de producción y control de calidad. En este estudio se adoptó un valor de $C_p = 0.30$, correspondiente a piezas de fabricación mecanizada sin evidencia de un sistema de control de calidad. La resistencia de diseño se calculó mediante la Ecuación (5).

$$f'_p = \frac{f_{p\ media}}{1+2.5\ C_p} \quad (5)$$

Donde: f'_p es la resistencia de diseño a compresión, $f_{p_{media}}$ es la resistencia media a compresión, referida al área bruta, y C_p es el coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las piezas, expresado en forma decimal.

Como parte del aseguramiento de la calidad del procedimiento experimental, todas las mediciones y ensayos fueron realizados por un mismo operador, utilizando el mismo equipo e instrumentos de medición, conforme a los procedimientos establecidos en las normas correspondientes. Antes de los ensayos, las piezas fueron inspeccionadas visualmente y se descartaron aquellas que presentaban grietas, fracturas u otros defectos evidentes que pudieran afectar los resultados, seleccionándose cinco especímenes en buenas condiciones por cada productor. Cuando durante el registro de las mediciones dimensionales o de masa se detectó alguna inconsistencia, la determinación correspondiente se repitió antes de registrar el valor definitivo. Los ensayos de compresión no se repitieron debido a su carácter destructivo.

2.3 Integración de la información experimental

Con el propósito de ampliar el contexto descriptivo de las propiedades físico-mecánicas de las piezas de mampostería utilizadas en Chilpancingo, Guerrero, se integró información experimental procedente de estudios locales previamente publicados. Esta información se incorporó exclusivamente para complementar el análisis descriptivo y la comparación con la normativa mexicana aplicable, sin combinarse estadísticamente con los datos obtenidos durante la fase experimental de la presente investigación. Se consideraron únicamente estudios que reportaran una o más de las propiedades evaluadas en este trabajo (resistencia a compresión, absorción total, peso volumétrico y dimensiones). Debido a que todos los estudios emplearon las mismas unidades de medida para cada propiedad, no fue necesario realizar conversiones. La información integrada se utilizó exclusivamente para análisis descriptivos y para la comparación de los resultados con las especificaciones establecidas en la normativa mexicana aplicable.

La base de datos incluye cinco estudios sobre piezas de concreto, realizados por Altamirano (2016), Contreras y Hernández (2012), Zacarías (2021), Ramírez (2023) y Sánchez et al. (2017), así como cuatro investigaciones sobre tabique de barro recocido desarrolladas por Ramos (2014), López (2014), Contreras y Hernández (2012) y Muñoz (2007). La Tabla 1 presenta la disponibilidad de datos por tipo de pieza y propiedad.

No todos los estudios experimentales incluidos en la integración reportaron la totalidad de las propiedades evaluadas (resistencia a compresión, absorción total, peso volumétrico y dimensiones); por ello, el número de registros disponibles varió entre propiedades. En particular, la absorción total presentó un menor número de observaciones, ya que algunos estudios únicamente reportaron resultados de resistencia a compresión, dimensiones o peso volumétrico. Por esta razón, la disponibilidad de datos difiere entre propiedades, como se muestra en la Tabla 1.

La información integrada se empleó exclusivamente con fines descriptivos y para la comparación con las especificaciones normativas aplicables. Debido a que los estudios considerados no evaluaron necesariamente las mismas propiedades sobre los mismos especímenes, la base consolidada no constituye un conjunto de datos completamente pareado. En consecuencia, cada propiedad fue analizada utilizando únicamente la información disponible para esa variable. Los resultados experimentales obtenidos en la presente investigación se organizaron por productor, mientras que la información secundaria se agrupó por estudio de procedencia. Por ello, los resultados se interpretaron exclusivamente desde una perspectiva descriptiva, sin realizar inferencias estadísticas hacia una población de referencia.

2.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante Microsoft Excel 2021 (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, Estados Unidos), mientras que los diagramas de caja y bigotes se elaboraron con el software DiPlot. De acuerdo con el carácter descriptivo de la investigación, el análisis de los datos consistió en la obtención y comparación de estadísticos descriptivos de las propiedades físicas y mecánicas de las piezas de mampostería respecto a las especificaciones establecidas en la normativa mexicana aplicable.

Para cada propiedad evaluada (resistencia a compresión, absorción total, peso volumétrico y dimensiones) se calcularon la media aritmética, la desviación estándar, el coeficiente de variación, así como los valores mínimo y máximo. Asimismo, se determinaron los porcentajes de cumplimiento con respecto a los criterios establecidos en la normativa mexicana correspondientes.

Los diagramas de caja y bigotes se utilizaron para identificar la dispersión de los datos y visualizar posibles valores atípicos. No se realizaron pruebas de hipótesis ni análisis estadísticos inferenciales, debido a que el objetivo del estudio fue descriptivo y no establecer inferencias para una población, sino caracterizar las propiedades de los lotes evaluados y compararlas con la normativa vigente.

Tabla 1. Disponibilidad de datos por tipo de pieza y propiedad.

Tipo de pieza	Propiedades	*n* (propio)	*n* (secundario)	*n* (total)
Tabicón pesado	Resistencia a compresión	35	91	126
	Peso volumétrico	70	56	126
	Absorción	35	60	95
	Dimensiones	70	56	126
Tabicón ligero	Resistencia a compresión	0	74	74
	Peso volumétrico	0	74	74
	Absorción	0	29	29
	Dimensiones	0	74	74
Tabique de barro recocido	Resistencia a compresión	25	72	97
	Peso volumétrico	25	72	97
	Absorción	25	56	81
	Dimensiones	25	72	97

n (propio) corresponde a los datos obtenidos en la presente investigación; n (secundario) corresponde a los datos integrados de estudios previos; n (total) representa la suma de ambas fuentes.

Fuente: elaboración propia

3 Resultados

Los resultados obtenidos para las piezas de tabicón pesado y tabique de barro recocido provenientes de los productores seleccionados se presentan en la Tabla 2 y en las Figuras 3 y 5. Las Figuras 3 y 4 muestran la resistencia a compresión, mientras que la Figura 5 presenta la absorción total por productor para ambos tipos de piezas. La Tabla 2 resume las propiedades físico-mecánicas determinadas durante la fase experimental, incluyendo la resistencia media a compresión (f_{pmedia}), la resistencia de diseño (f'_p), el coeficiente de variación (Cp) y la absorción total (A), lo que permite evaluar el cumplimiento de las propiedades físico-mecánicas respecto a las especificaciones establecidas en la normativa mexicana aplicable.

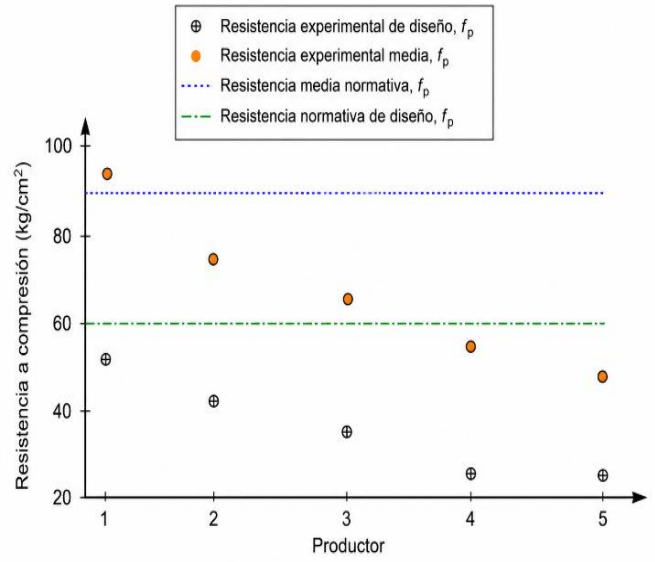


Figura 3. Resistencia media a compresión y resistencia de diseño del tabicón pesado por productor.

Fuente: elaboración propia

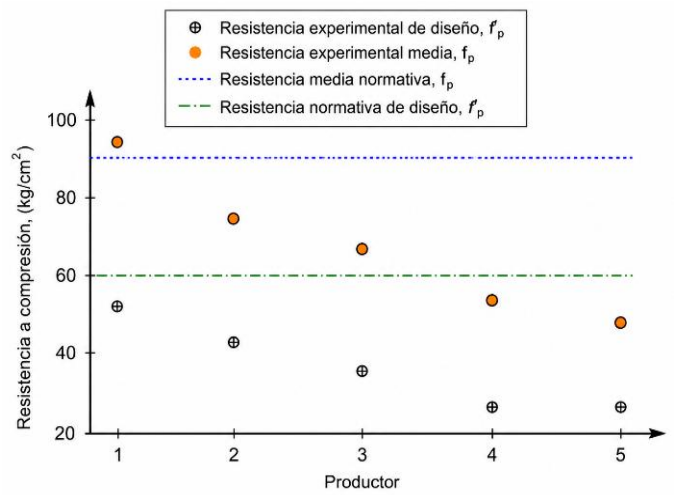


Figura 4. Resistencia media a compresión y resistencia de diseño del tabique de barro recocido por productor.

Fuente: elaboración propia

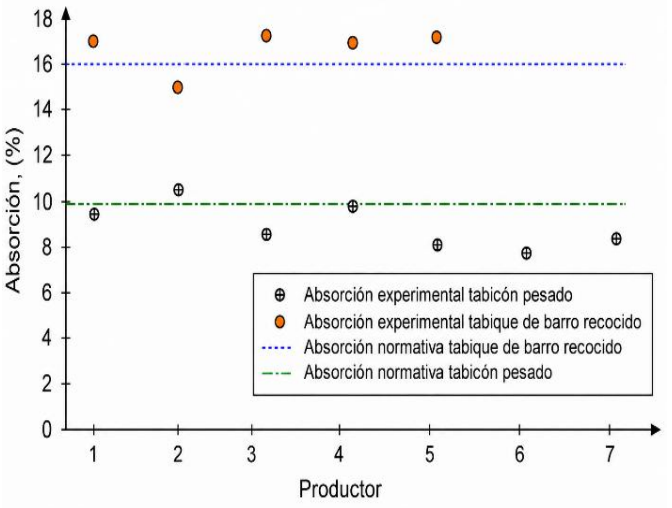


Figura 5. Absorción total del tabicón pesado y del tabique de barro recocido por productor.

Fuente: elaboración propia

La Tabla 3 presenta los valores promedio de las dimensiones, el peso volumétrico, la resistencia media a compresión y la absorción total de la muestra integrada. Asimismo, las Figuras 6 a 8 muestran la relación entre la resistencia a compresión y la absorción total para el tabicón pesado, el tabicón ligero y el tabique de barro recocido, respectivamente. Finalmente, la Figura 9 presenta la distribución del peso volumétrico mediante diagramas de caja y bigotes. Las dimensiones mostraron diferencias acordes con la geometría característica de cada material, mientras que la absorción total promedio fue menor en el tabicón pesado (10.7 %) que en el tabicón ligero (20.6 %) y el tabique de barro recocido (21.0 %).

Los valores medios de resistencia a compresión obtenidos para la muestra integrada fueron de 93.85 kg/cm², 59.70 kg/cm² y 66.79 kg/cm² para el tabicón pesado, el tabicón ligero

y el tabique de barro recocido, respectivamente. En comparación con los valores de referencia establecidos en la NMX-C-404-ONNCCE-2012 (150, 35 y 90 kg/cm², respectivamente), el valor medio del tabicón ligero fue superior al correspondiente valor de referencia, mientras que los del tabicón pesado y del tabique de barro recocido fueron inferiores.

En cuanto al peso volumétrico, los valores promedio obtenidos fueron de 1919.15 kg/m³ para el tabicón pesado, 1408.18 kg/m³ para el tabicón ligero y 1103.33 kg/m³ para el tabique de barro recocido. En comparación con los valores de referencia establecidos en la normativa mexicana, el tabicón pesado y el tabicón ligero presentaron valores superiores al mínimo especificado, mientras que el tabique de barro recocido registró un valor promedio inferior al valor de referencia correspondiente.

La Figura 10 muestra el porcentaje de piezas que cumplieron individualmente con los valores de referencia establecidos en la normativa mexicana para cada propiedad evaluada. Este análisis tuvo un propósito exclusivamente descriptivo y permitió identificar la proporción de piezas que satisfizo cada criterio de manera independiente; por lo tanto, no constituye un procedimiento de aceptación o rechazo de lotes conforme a las Normas Mexicanas. Se evaluó el cumplimiento individual de los criterios correspondientes a resistencia a compresión, absorción total, resistencia a compresión–absorción y resistencia a compresión–peso volumétrico.

Las relaciones entre la resistencia a compresión y la absorción total se analizaron únicamente con los registros que contaban simultáneamente con ambas propiedades. Por ello, el número de observaciones (*N*) mostrado en cada figura corresponde al total de datos pareados disponibles para cada tipo de pieza y puede diferir del número total de registros reportado para cada propiedad en la Tabla 1. Estas diferencias se deben a que algunos estudios integrados no reportaron todas las variables evaluadas; en consecuencia, no se realizó imputación de datos.

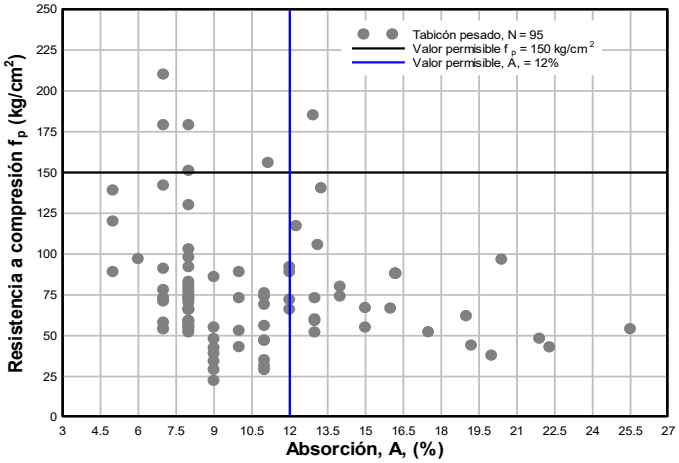


Figura 6. Resistencia a compresión – absorción de tabicón pesado y valores permisibles. Muestra total.
N = 95 registros con ambas propiedades disponibles.
Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Propiedades físico-mecánicas de las piezas evaluadas por productor durante la fase experimental.

Tipo de pieza/productor	Propiedad	1	2	3	4	5	6	7
Tabicón pesado	$f_{p\ media}$	169.8	74.0	70.2	70.0	65.4	64.6	49.6
	f'_p	97.0	42.3	38.4	40.0	37.4	36.9	27.2
	C_p (%)	18.0	23.2	33.2	20.2	16.5	17.7	32.9
	Absorción total (%)	7.6	7.8	8.4	7.8	7.6	7.4	10.6
Tabique de barro recocido	$f_{p\ media}$	92.9	89.9	65.0	52.6	46.2		
	$f'_{p\ (kg/cm^2)}$	52.9	48.0	34.6	22.5	23.8		
	C_p (%)	30.0	21.0	11.0	53.0	38.8		
	Absorción total (%)	21.5	23.8	25.7	25.6	25.0		

Fuente: elaboración propia

Donde: $f_{p\ media}$ = resistencia media a compresión (kg/cm²); f'_p = resistencia de diseño a compresión (kg/cm²); C_p = coeficiente de variación de la resistencia a compresión (%); A = absorción total (%).

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Resistencia media a compresión y resistencia de diseño del tabicón pesado por productor.

Tipo de pieza	Estadístico	Alto (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Peso volumétrico (kg/m³)	Resistencia media a compresión, fp (kg/cm²)	Absorción, *A*, (%)
Tabicón pesado	Promedio	9.61	13.55	26.73	1919.15	93.85	10.70
	DE	0.49	0.81	3.01	190.05	43.61	4.17
	CV (%)	5.1	6.0	11.3	9.9	46.5	39.0
Tabicón ligero	Promedio	9.12	13.00	24.80	1408.18	59.70	20.60
	DE	0.10	0.84	3.89	184.23	19.10	12.44
	CV (%)	1.1	6.4	15.7	13.1	32.0	60.4
Tabique de barro recocido	Promedio	5.09	12.83	23.10	1103.33	66.79	21.02
	DE	0.40	0.56	5.24	274.12	37.86	8.40
	CV (%)	7.8	4.4	2.7	24.8	56.7	40.0

Nota: Promedio = media aritmética; *DE* = desviación estándar; *CV* = coeficiente de variación (%).
Fuente: elaboración propia.

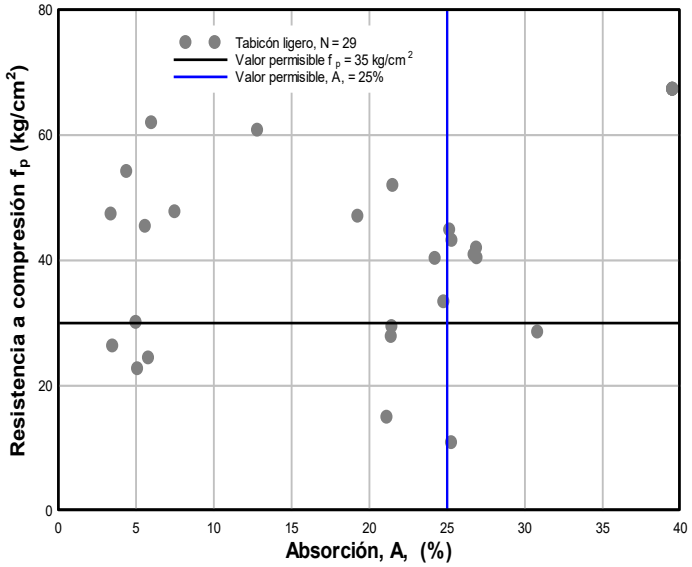


Figura 7. Resistencia a compresión – absorción de tabicón ligero y valores permisibles. Muestra total.
N = 29 registros con ambas propiedades disponibles.
Fuente: elaboración propia

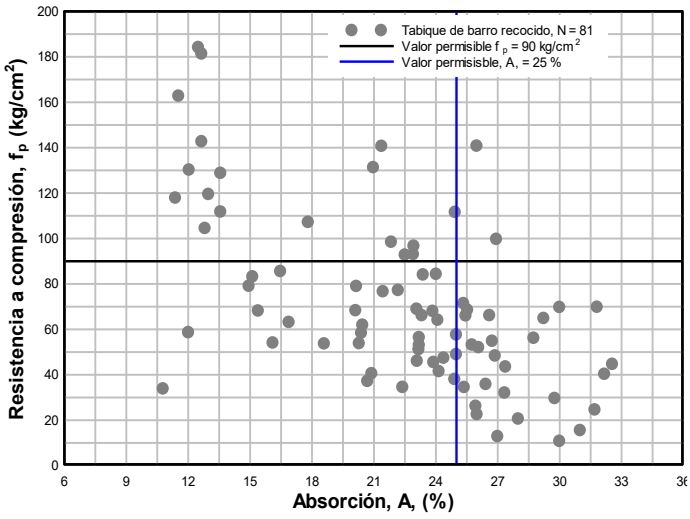


Figura 8. Resistencia a compresión – absorción de tabique de barro recocido y valores permisibles. Muestra total.
N = 81 registros con ambas propiedades disponibles.
Fuente: elaboración propia

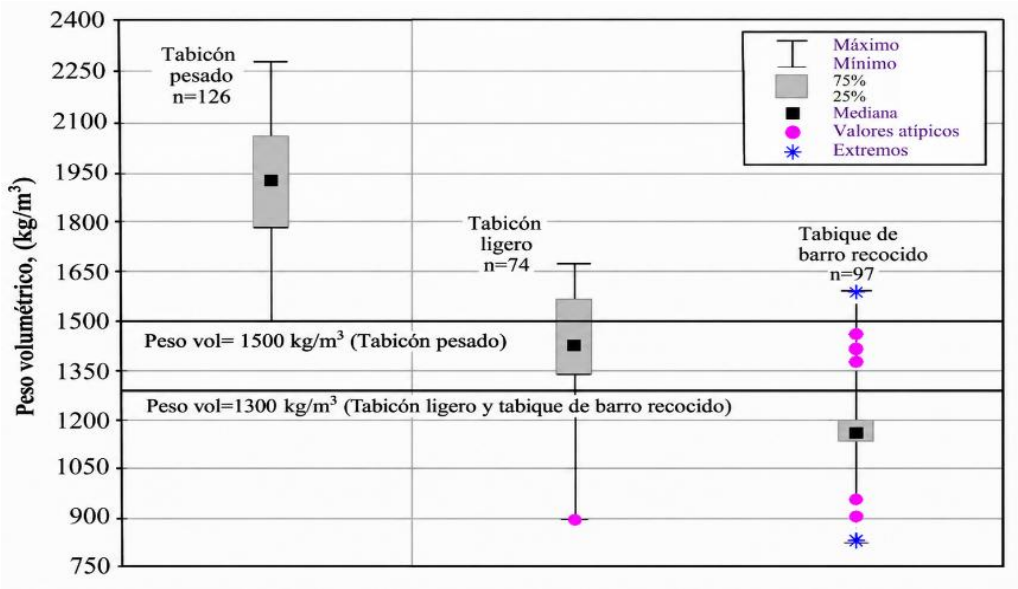


Figura 9. Diagrama del peso volumétrico de las piezas y valores mínimos permisibles. Muestra total.
Fuente: elaboración propia

Nota: Los valores atípicos y extremos se identificaron mediante el diagrama de caja generado con el software utilizado para el análisis.

Las Figuras 6 a 8 muestran la relación entre la resistencia a compresión y la absorción total para cada tipo de pieza. Los resultados indican que el 6.32 %, 65.52 % y 24.69 % de las piezas de tabicón pesado, tabicón ligero y tabique de barro recocido, respectivamente, cumplieron con el requisito de resistencia a compresión establecido en la normativa mexicana. En cuanto a la absorción total, los porcentajes de cumplimiento fueron de 31.58 %, 41.38 % y 37.04 %, respectivamente. Al evaluar conjuntamente ambas propiedades, el porcentaje de piezas que cumplió simultáneamente con los dos requisitos fue menor, como se muestra en la Figura 10. Los porcentajes mostrados en la Figura 10 se calcularon únicamente con los registros que contaban simultáneamente con resultados de resistencia a compresión y absorción total; por ello, el denominador corresponde al número de datos pareados disponibles para cada tipo de pieza. Las diferencias respecto al número total de registros reportado en la Tabla 1 se deben a que algunos estudios integrados no incluyeron ambas propiedades, por lo que no fue necesario realizar imputación de datos.

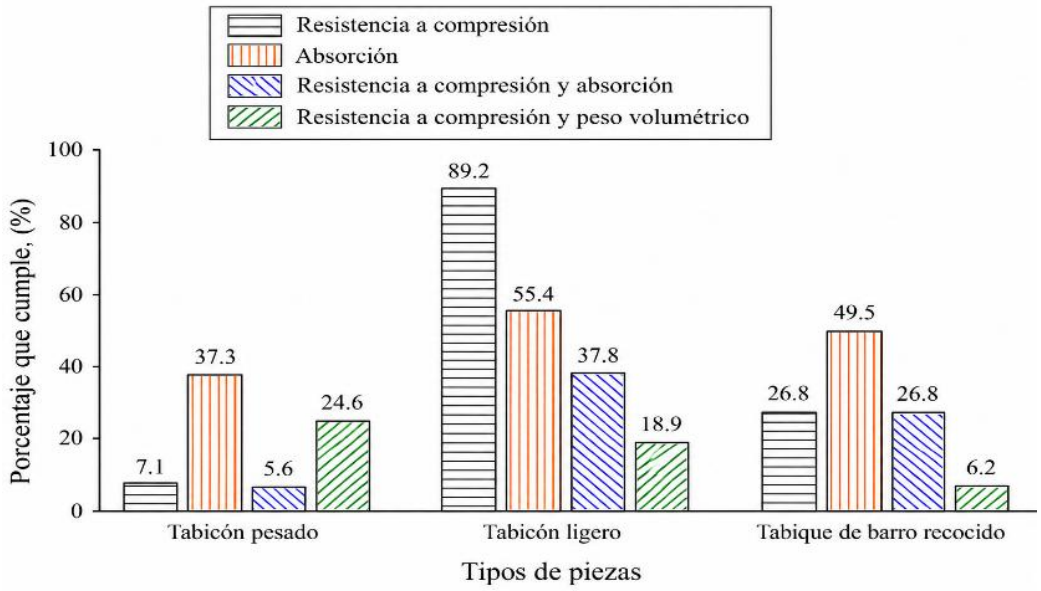


Figura 10. Porcentaje de piezas que cumplen individualmente con los valores de referencia normativos para cada propiedad evaluada.
Fuente: elaboración propia

4 Discusión

La elevada variabilidad observada en la resistencia a compresión y en la absorción entre los productores sugiere diferencias en los procesos de fabricación de las piezas de mampostería comercializadas en Chilpancingo. Factores como la calidad de las materias primas, la dosificación de los materiales, el grado de compactación, las condiciones de curado y el control de calidad durante la producción pueden influir significativamente en las propiedades físico-mecánicas de las piezas. Esta variabilidad podría explicar que algunos productores cumplieran parcialmente con los requisitos establecidos en la NMX-C-404-ONNCCE-2012, mientras que otros presentaran resistencias de diseño inferiores a las especificadas para su clasificación. La variabilidad dimensional observada fue considerablemente menor que la registrada en la resistencia a compresión, lo que sugiere que el cumplimiento de las dimensiones establecidas en la NMX-C-038-ONNCCE-2013, por sí solo, no garantiza un comportamiento mecánico adecuado. En consecuencia, la evaluación de la calidad de las piezas debe considerar tanto las características geométricas como sus propiedades mecánicas. Asimismo, la relación entre las resistencias medias experimentales y las resistencias medias normativas fue de 62.6 %, 170.6 % y 74.2 % para el tabicón pesado, el tabicón ligero y el tabique de barro recocido, respectivamente, lo que refleja diferencias importantes en el desempeño mecánico de cada tipo de pieza respecto a los valores de referencia establecidos en la norma.

Aunque el tabicón ligero presentó una resistencia media superior al valor de referencia correspondiente a piezas de uso no estructural, la variabilidad observada entre los productores sugiere que no todas las piezas presentan un comportamiento uniforme. De manera similar, los resultados de absorción mostraron valores próximos a los límites normativos, lo que pone de manifiesto la conveniencia de fortalecer los procedimientos de fabricación y el control de calidad para reducir la dispersión de las propiedades físico-mecánicas. La evaluación conjunta de la resistencia a compresión y la absorción permitió identificar que el porcentaje de piezas que cumplió simultáneamente ambos requisitos fue menor que el observado para cada propiedad evaluada de manera independiente. Este resultado pone de manifiesto que el cumplimiento de un solo parámetro no garantiza la calidad integral de las piezas de mampostería, por lo que ambas propiedades deben considerarse conjuntamente durante su evaluación para aplicaciones constructivas. El análisis del peso volumétrico mostró una distribución más uniforme para el tabicón pesado y el tabicón ligero, mientras que el tabique de barro recocido presentó una mayor dispersión. Este comportamiento podría estar asociado con variaciones en la composición de las materias primas, el proceso de conformado y las condiciones de fabricación, factores que pueden influir en la densidad del material y, en consecuencia, en sus propiedades mecánicas.

En el contexto nacional, la variabilidad y los bajos valores de resistencia a compresión de las piezas de mampostería han sido documentados como una problemática asociada al incumplimiento de los requisitos normativos. En este sentido, Escamirosa y Molina (2022) reportaron que bloques de concreto utilizados en viviendas de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, presentaron resistencias inferiores a las establecidas en la NMX-C-404-ONNCCE-2012, lo que refuerza la importancia de fortalecer los procesos de fabricación y el control de calidad. De manera similar, Flores et al. (2013) documentaron una elevada dispersión en las propiedades mecánicas de la mampostería elaborada con tabique de barro recocido en Chilpancingo, mientras que Tena et al. (2017) señalaron que el mejoramiento de los procesos de fabricación y del control de calidad de las unidades de concreto contribuye a incrementar la resistencia y reducir su variabilidad. En conjunto, estos antecedentes son consistentes con los hallazgos del presente estudio y refuerzan la importancia de fortalecer los mecanismos de control de calidad en la producción de piezas de mampostería para mejorar su desempeño potencial en aplicaciones estructurales.

Estos resultados aportan evidencia experimental sobre la calidad físico-mecánica de las piezas de mampostería comercializadas en Chilpancingo, Guerrero, y proporcionan información útil para la selección de materiales y el fortalecimiento de los procesos de control de calidad en la región.

5 Conclusiones

La caracterización físico-mecánica de las piezas de mampostería comercializadas en Chilpancingo mostró una elevada variabilidad entre productores, particularmente en la resistencia a compresión, lo que sugiere diferencias en los procesos de fabricación y en el control de calidad. En la fase experimental, únicamente un productor de tabicón pesado cumplió con el requisito de resistencia de diseño establecido en la normativa mexicana, mientras que la mayoría de los productores cumplió con el requisito normativo de absorción total.

El análisis integrado de la información mostró que, para las piezas estructurales evaluadas, los resultados de resistencia a compresión presentaron una elevada dispersión, por lo que no se consideraron representativos para establecer una resistencia de diseño de la muestra consolidada. Asimismo, el tabique de barro recocido presentó la mayor variabilidad dimensional y de peso volumétrico entre los materiales analizados.

En términos generales, la mayoría de las piezas de mampostería evaluadas no cumplió simultáneamente con los requisitos establecidos en la normativa mexicana, lo que pone de manifiesto la importancia de fortalecer los procesos de fabricación y control de calidad para mejorar la uniformidad de sus propiedades físico-mecánicas y su desempeño potencial en aplicaciones estructurales.

Se recomienda fortalecer los procesos de supervisión y control de calidad durante la fabricación de piezas de mampostería en la región, así como ampliar la caracterización experimental mediante estudios que incorporen un mayor número de productores, otras regiones y propiedades mecánicas adicionales, con el fin de generar información que contribuya al diseño, evaluación y control de calidad de los sistemas de mampostería utilizados en zonas sísmicas.

Considerando la problemática identificada y el alto peligro sísmico de la región, se recomienda que investigaciones futuras incluyan la elaboración y el ensayo de especímenes de mampostería (pilas y muretes), con el propósito de evaluar su comportamiento mecánico a partir de la caracterización de las piezas realizada en este estudio. Los resultados obtenidos constituyen una base experimental para futuras investigaciones

orientadas al desarrollo y evaluación de sistemas de mampostería con mayor confiabilidad estructural en regiones de alta sismicidad.

Declaración sobre el uso de Inteligencia Artificial generativa y tecnologías asistidas por IA

Durante la preparación del presente manuscrito, los autores utilizaron ChatGPT (OpenAI) como herramienta de apoyo para la corrección gramatical, mejora de la redacción y claridad expositiva del texto. Todo el contenido generado o sugerido por la herramienta fue revisado y editado por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por la exactitud, originalidad, integridad y rigor científico del contenido final del manuscrito.

Referencias

Altamirano, G. (2016). *Fabricación de piezas de mampostería ecológica con fibra de coco* [Tesis de maestría en Ingeniería no publicada]. Universidad Autónoma de Guerrero.

Contreras, J., & Hernández, O. I. (2012). *Propiedades mecánicas de la mampostería a base de tabique rojo recocido, block hueco, tabicón ligero y tabicón pesado de la zona centro del estado de Guerrero* [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad Autónoma de Guerrero.

Cuevas, A., Ramos, M., Sánchez, S., & Barragán, R. (2020). Verificación de propiedades físicas y mecánicas en piezas de mampostería fabricadas con agregado producto de trituración (cenicilla). En *Memorias del Foro de Estudios sobre Guerrero* (pp. 503–508).

Escamirosa, L. F., & Molina, N. (2022). Análisis de la resistencia a la compresión de bloques de concreto usados en la construcción de viviendas en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. *Espacio I+D, Innovación Más Desarrollo, 11*(29). https://doi.org/10.31644/IMASD.29.2022.a03

Flores, V., Sánchez-Tizapa, S., Arroyo, R., & Barragán, R. (2013). Mechanical properties of solid clay brick masonry used in Chilpancingo, Gro (Mexico). *Informes de la Construcción, 65*(532), e040. https://doi.org/10.3989/ic.12.084

López, G. V. (2014). *Capacidad de carga de pilas y muretes de tabique de barro rojo recocido de Cruz Grande, Guerrero, México* [Tesis de maestría en Construcción no publicada]. Universidad Autónoma de Guerrero.

Muñoz, V. H. (2007). *Cortante resistente en muretes de tabique rojo recocido con refuerzo metálico en las juntas* [Tesis de maestría en Construcción no publicada]. Universidad Autónoma de Guerrero.

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. (2012). *NMX-C-404-ONNCCE-2012. Industria de la construcción—Mampostería—Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural—Especificaciones y métodos de ensayo*.

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. (2013). *NMX-C-036-ONNCCE-2013. Industria de la construcción—Mampostería—Determinación de la resistencia a compresión de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones—Método de ensayo*.

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. (2013). *NMX-C-037-ONNCCE-2013. Industria de la construcción—Mampostería—Determinación de la absorción total y la absorción inicial de agua en bloques, tabiques o ladrillos y tabicones—Método de ensayo*.

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. (2013). *NMX-C-038-ONNCCE-2013. Industria de la construcción—Mampostería—Determinación de dimensiones de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones—Método de ensayo*.

Ramírez, O. F. (2023). *Estudio analítico-experimental sobre propiedades mecánicas de la mampostería elaborada con piezas de concreto* [Tesis de maestría en Ingeniería no publicada]. Universidad Autónoma de Guerrero.

Ramos, A. (2014). *Efecto de la cadena intermedia y espesor de muros de mampostería confinada de tabique rojo sujeto a cargas laterales* [Tesis de maestría en Construcción no publicada]. Universidad Autónoma de Guerrero.

Sánchez, S., Villaseñor, A., Guinto, E., Barragán, R., & Mebarki, A. (2017). Una propuesta de valores de referencia para la resistencia a la compresión diagonal y la resistencia a la compresión de diseño de mampostería en el estado de Guerrero, México. *Revista ALCONPAT, 7*(3), 231–246. https://doi.org/10.21041/ra.v7i3.159

Tena, A., Liga, A., Pérez, A., & González, F. (2017). Proposal for improved mixes to produce concrete masonry units with commonly used aggregates available in the Valley of Mexico. *Revista ALCONPAT, 7*(1), 5–24. https://doi.org/10.21041/ra.v7i1.170

Zacarías, A. D. (2021). *Evaluación de la resistencia de diseño a compresión diagonal de la mampostería elaborada con piezas de concreto junteada con mortero cemento-cal* [Tesis de maestría en Ingeniería no publicada]. Universidad Autónoma de Guerrero.