



Compressive strength and diagonal compression in masonry made with artisanal brick in the province of Manabí

Stalin Alcívar ^a, Yordy Mieles-Bravo ^a, Cristian Pavón^b, Josselyn Loor ^a & María Mero ^a

^a Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. william.alcivar@utm.edu.ec; yordy.mieles@utm.edu.ec, joscla_9708@hotmail.com, mabemena18@gmail.com
^b Universidad de Guayaquil, Ecuador. christian.pavonb@ug.edu.ec

Received: September 4th, 2024. Received in revised form: March 5th, 2025. Accepted: March 18th, 2025.

Abstract

In Ecuador, masonry made with artisanal brick is widely used in buildings as a non-structural element in walls, which can be used as infill in portal frame systems. Recent earthquakes have shown that masonry influences the behavior of portal frames, highlighting the importance of understanding the mechanical properties of masonry to study the joint behavior of portal frames and masonry. This article presents the results of compression strength tests, diagonal compression strength tests, and modulus of elasticity tests on masonry elements made with artisanal brick from the province of Manabí. 27 prisms were subjected to compression loads and 27 walls were subjected to diagonal compression loads. The prisms failed due to vertical cracking or crushing of the piece, with an average compression strength of 3 MPa recorded, while the walls failed due to shear and displacement, and adhesive failures between the unit and mortar were observed, with an average shear strength of 0,61 MPa recorded.

Keywords: compression stress; diagonal compression stress; artisanal masonry; wall; prism.

Resistencia a compresión y compresión diagonal en mampostería elaborada con ladrillo artesanal en la provincia de Manabí

Resumen

En Ecuador, la mampostería elaborada con ladrillo artesanal se utiliza ampliamente en edificaciones como elemento no estructural en paredes, que pueden estar como relleno de los pórticos en sistemas aporticados. Sismos recientes han demostrado que la mampostería influye en el comportamiento de los pórticos, lo que resalta la importancia de conocer las propiedades mecánicas de la mampostería para estudiar el comportamiento conjunto pórtico-mampostería. Este artículo presenta los resultados de los ensayos de resistencia a compresión, resistencia a compresión diagonal y módulo de elasticidad de elementos de mampostería elaborados con ladrillo artesanal de la provincia de Manabí. Se sometieron a esfuerzos de compresión a 27 prismas y a esfuerzos de compresión diagonal a 27 muretes. Los prismas experimentaron fallas por agrietamiento vertical o trituración de la pieza y se registró una resistencia a la compresión promedio de 3 MPa, mientras que los muretes fallaron por corte y desplazamiento, y se observaron fallas de adherencia entre la unidad y el mortero, y una resistencia promedio al corte de 0,61 MPa.

Palabras clave: resistencia a compresión; resistencia a compresión diagonal; mampostería artesanal; murete; prisma.

1. Introducción

La mampostería elaborada con ladrillos artesanales de arcilla cocida ha sido tradicionalmente usada en el Ecuador para las paredes en edificaciones aporticadas. Los sistemas estructurales basados en pórticos de hormigón armado o

basados en columnas de hormigón armado con losas planas han sido acompañados con paredes de mampostería que sirven para separar ambientes y/o dar seguridad al perímetro de las construcciones. Sismos recientes, y de gran magnitud, como el del 16 de abril del 2016, de 7,8 Mw., cuyo epicentro se ubicó cercano a la ciudad de Pedernales, en la provincia de

How to cite: Alcívar, S., Mieles-Bravo, Y., Pavón, C., Loor, J. y Mero, M., Resistencia a compresión y compresión diagonal en mampostería elaborada con ladrillo artesanal en la provincia de Manabí. DYNA, 92(237), pp. 138-144, April - June, 2025.

Manabí [1], evidenció la poca rigidez de estos sistemas estructurales, los cuales presentaron gran daño en elementos no estructurales, estructurales e incluso colapsos de edificaciones [2], y que las paredes de mampostería (de relleno) condicionan el comportamiento de los sistemas estructurales debido a su aporte de rigidez y resistencia en pórticos que se asumen libres para los cálculos estructurales.

Investigaciones recientes han destacado el interés en evaluar la influencia de las paredes en el comportamiento de estructuras de pórticos [3–6]. En la literatura se han propuesto varios modelos para incluir la presencia de las paredes de mampostería en los análisis de comportamiento de pórticos. Estos modelos incluyen macromodelos como los expuestos por Asteris et al. [7], y micromodelos, como los indicados por Asteris et al. [8]. Para incluir la mampostería en los análisis de estructuras, independientemente del modelo propuesto, es necesario conocer las propiedades mecánicas de la mampostería construida con los materiales específicos a cada edificación. Esto implica la necesidad de realizar ensayos experimentales de la mampostería local. Los resultados de estos ensayos permiten caracterizar la mampostería y son útiles tanto para la evaluación de estructuras existentes que cuenten con este tipo de mampostería como para el diseño de nuevas estructuras con sistemas estructurales a base de mampostería.

El ladrillo de arcilla cocida es una pieza moldeada y cocida, en forma de paralelepípedo o de prisma regular, utilizada en albañilería. Existe ladrillos cerámicos fabricados a máquina, que siguen el proceso de amasado, moldeo y presión de la masa de arcilla, y ladrillos cerámicos artesanales, que no incluyen la etapa de prensado de la masa de arcilla. En la provincia de Manabí, Ecuador, se utilizan principalmente los ladrillos artesanales.

En este documento se presentan los resultados de ensayos experimentales realizados en probetas de prismas y muretes de mampostería elaboradas con ladrillos artesanales de la provincia de Manabí. Estas probetas fueron sometidas, respectivamente, a ensayos de compresión y compresión diagonal.

1.1 Fabricación de ladrillos artesanales de arcilla cocida

En la provincia de Manabí, Ecuador, aún se conserva la tradicional forma de elaboración de ladrillos artesanales de arcilla cocida. Existen varias fábricas de ladrillos artesanales que aprovechan la cercanía a las fuentes de materia prima en la provincia de Manabí. El proceso de fabricación de los ladrillos, mostrado en la Fig. 1, comienza con la obtención de la materia prima: arcilla, aserrín, cáscara de arroz y agua. Durante la selección de la arcilla, como se muestra en la Fig. 1a, los fabricantes evalúan su color y evitan el uso de arcilla de tonalidad oscura, ya que esta no asegura una cocción adecuada. Todos los materiales se mezclan hasta lograr una composición homogénea, como se observa en la Fig. 1b. La masa resultante se expone al sol para luego ser colocada en moldes con las dimensiones deseadas del ladrillo. La masa en los moldes se deja secar durante tres días hasta que pierda humedad, tal como se muestra en la Fig. 1c. Posteriormente



Figura 1. Proceso de fabricación de ladrillos.
Fuente: Fotografías tomadas por los autores

los ladrillos se apilan verticalmente y se trasladan al horno construido con otros ladrillos para iniciar el proceso de cocción, mostrado en la Fig. 1d. Este proceso continúa hasta obtener el ladrillo final. Si bien cada ladrillera tiene sus particularidades en cuanto a la adquisición de la materia prima, la dosificación de los materiales y el proceso de cocción, en general, el proceso es similar.

1.2 Propiedades de la mampostería

Entre las propiedades mecánicas de la mampostería, necesarias tanto para la evaluación de estructuras existentes como para el diseño de nuevas estructuras con mampostería estructural, se incluyen el esfuerzo máximo a la compresión, el módulo de elasticidad, el esfuerzo máximo a corte, y el módulo de corte, entre otros. Estas propiedades deben ser evaluadas mediante ensayos experimentales.

1.2.1. Esfuerzo máximo a compresión, f'_m

El esfuerzo máximo a compresión de la mampostería típicamente se determina mediante ensayos de compresión de prismas, los cuales se someten a carga axial de compresión hasta el fallo a los 28 días de edad, de acuerdo con los lineamientos de ASTM C1314 [9, 10]. Los prismas se definen como una construcción de unidades de mampostería y mortero apiladas verticalmente, siendo la forma más común la construida como una columna de ladrillos macizos. En la Fig. 2 se muestra un esquema de un prisma utilizado para realizar el ensayo a compresión. En el esquema se definen el espesor t , el ancho b , y la altura h , como las dimensiones del prisma.

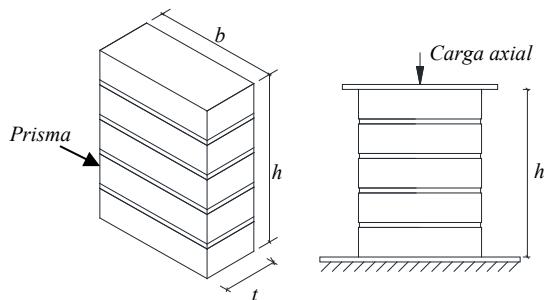


Figura 2. Esquema de prismas de mampostería a compresión
Fuente: Elaboración propia

El ensayo a compresión se realiza de manera que se controle adecuadamente la carga aplicada hasta el fallo del prisma ensayado. La carga debe aplicarse en el eje del prisma, y la carga máxima aplicada, P_{max} , se divide entre el área de la sección transversal, $t \cdot b$, para obtener el esfuerzo a compresión. El esfuerzo a compresión así obtenido debe multiplicarse por un factor de corrección debido a la esbeltez del prisma, h/b , para obtener el esfuerzo máximo del prisma, f'_m , como se indica en la ecuación 1. El factor de corrección por esbeltez se muestra en la Tabla 1.

$$f'_m = \frac{P_{max}}{t \cdot b} \cdot C \quad (1)$$

Tabla 1.
Factor de corrección de esbeltez, C .

Relación h/b	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
C	0,75	0,86	1,00	1,04	1,07	1,15	1,22

Fuente: Norma ASTM C 1314-22

Los prismas se construyen de acuerdo con los objetivos del programa de ensayos en el caso de investigación y deben fabricarse de manera que reflejen la calidad de los materiales y la mano de obra que tendría la construcción en el caso de control de obras [10]. Una vez construidos los prismas en laboratorio deben almacenarse y cubrirse con polietileno durante los primeros 14 días; después de ese periodo deben ser expuestos a las condiciones ambientales del laboratorio hasta el ensayo, de acuerdo con las recomendaciones de ASTM C 1314 [9]. Antes del ensayo, los extremos de los prismas deben ser refrentados para garantizar una correcta transmisión de esfuerzos en toda la sección transversal, y todas las dimensiones del prisma deben registrarse para el posterior procesamiento de datos.

1.2.2 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad de la mampostería, E_m , se puede determinar de manera experimental a partir de la curva esfuerzo-deformación obtenida en los ensayos de compresión de prismas. Se define como la pendiente de la secante desde $0,05 f'_m$ hasta $0,33 f'_m$. En ausencia de valores experimentales, o de información de la curva esfuerzo-deformación, puede emplearse la ecuación 2 para su cálculo.

$$E_m = 750 f'_m \leq 20000 \text{ MPa} \quad (2)$$

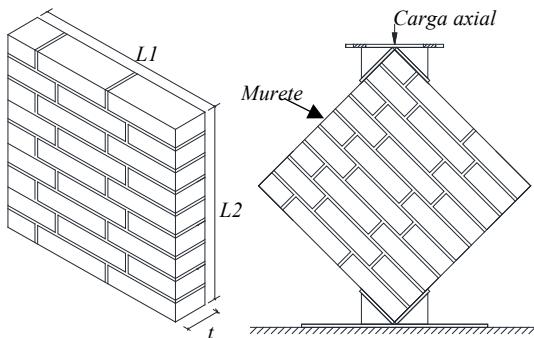


Figura 3. Esquema de muretes de mampostería a compresión diagonal
Fuente: Elaboración propia

1.2.3 Esfuerzo máximo a corte, compresión diagonal en muretes

La resistencia a corte de la mampostería se evalúa en términos de esfuerzos máximos ante ensayos de muretes sometidos a cargas de compresión diagonal, el cual se efectúa aplicando una carga de compresión sobre una diagonal de un murete hasta llevarlo al fallo, típicamente usando la norma ASTM E519/E519 M [11]. La Fig. 3 muestra un esquema de murete y el esquema del ensayo de compresión diagonal. Se definen el espesor t , el ancho $L1$, y la altura $L2$, como las dimensiones del murete.

2. Materiales y métodos

Se realizaron ensayos en prismas y muretes de mampostería, sometidos a cargas de compresión y compresión diagonal, respectivamente. Antes de la construcción de estos elementos, se caracterizó el mortero y los ladrillos utilizado en la fabricación de los prismas y muretes mediante ensayos estandarizados de esfuerzo de compresión. El esfuerzo a compresión del mortero se calculó como el promedio del esfuerzo máximo obtenido en seis probetas cúbicas de 50 x 50 x 50 mm, ensayadas según ASTM C109 [12].

En este estudio, se seleccionaron nueve fábricas de ladrillo de arcilla cocida en la provincia de Manabí, Ecuador. Se eligieron tres fábricas en la ciudad de Rocafuerte, tres en la ciudad de Santa Ana y tres en la ciudad de Montecristi. Para cada fábrica de ladrillo se construyeron y ensayaron tres prismas y tres muretes, resultando en un total de 27 prismas y 27 muretes. Los prismas tuvieron dimensiones promedio de 110 x 280 x 440 mm, y los muretes, dimensiones promedio de 110 x 575 x 575 mm, con un espesor de junta de mortero entre 15 y 20 mm. Las dimensiones de prismas y muretes fueron variables debido a la irregularidad de los ladrillos.

Una vez confeccionadas las probetas, estas fueron curadas según el procedimiento indicado en la norma ASTM E519/E519 M [11], que consiste en envolver las probetas en polietileno a las 24 horas de su confección. Luego de 14 días, se retira el polietileno, dejando las probetas expuestas a las condiciones climáticas del laboratorio hasta el día del ensayo, el cual se realizó entre los 30 y 35 días desde la confección de las probetas. Antes de los ensayos se refrentaron las

superficies de las probetas que estarían en contacto con las placas de acero que aplican la carga, para asegurar una correcta transferencia de carga de las placas a la probeta.

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad Técnica de Manabí, utilizando un actuador hidráulico con bomba manual y una celda de carga de 300 kN de capacidad. La velocidad de carga promedio fue de 30 kN/min hasta el fallo de las probetas. Se registró la deformación vertical de las probetas mediante un transductor potenciométrico lineal (LVDT) con un recorrido máximo de 200 mm. Sin embargo, en este artículo solo se reportan los valores de cargas y esfuerzos máximos obtenidos en los ensayos. Para los prismas, se reporta el esfuerzo máximo a compresión, y para los muretes, el esfuerzo máximo a corte.

Para el análisis estadístico se utilizó la prueba ANOVA de un solo factor, empleando el método de comparaciones múltiples MCB de Hsu para identificar los mejores niveles de los factores, definiendo como "mejor" la media más alta. Este es el procedimiento generalmente utilizado.

3. Resultados y Discusión

Se muestran los resultados referentes a la resistencia a la compresión del mortero, la resistencia a la compresión de los prismas y los resultados de la resistencia a compresión diagonal de los muretes para las diferentes ladrilleras analizadas.

3.1 Resistencia a la compresión de mortero y ladrillos

En la Tabla 2 se presenta el esfuerzo de compresión de las muestras de mortero, cumpliendo con lo especificado en la NEC-15 para un mortero tipo M15. Los resultados de a 28 días superaron los 15 MPa, con un esfuerzo promedio de 16,10 MPa y una desviación estándar del 10 %.

3.2 Esfuerzo a la compresión de prismas

La Tabla 3 presenta los resultados de los ensayos a compresión realizados en los prismas, en los que se ha aplicado el factor de corrección por esbeltez. Los resultados están agrupados según el lugar de origen de los ladrillos. Los prismas provenientes de la ciudad de Rocafuerte alcanzaron una carga máxima de compresión de 124,0 kN y un esfuerzo máximo de 3,8 MPa; los prismas de Santa Ana alcanzaron una carga máxima de 145,1 kN y un esfuerzo máximo de 4,7 MPa; y los de Montecristi una carga máxima de 102,7 kN y un esfuerzo máximo de 3,8 MPa. El promedio de esfuerzo de compresión normalizado de los prismas de Rocafuerte fue de 3,6 MPa, para los prismas de Santa Ana de 3,9 MPa y para los de Montecristi de 2,7 MPa.

Tabla 2.

Esfuerzo a compresión del mortero.

Muestra	Esfuerzo a compresión MPa
M1	16,13
M2	16,09
M3	15,35
M4	16,53
M5	19,92
M6	15,74

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.
Esfuerzo a compresión de prismas.

Procedencia.	Muestra	Área cm ²	Carga kN	Resistencia MPa	Rel. h/t	f'm MPa
Rocafuerte	R 1.1	331,9	92,9	2,8	4,4	3,3
	R 1.2	303,7	109,5	3,6	4,7	4,3
	R 1.3	323,4	61,4	1,9	4,4	2,2
	R 2.1	327,0	124,0	3,8	3,9	4,3
	R 2.2	295,3	54,2	1,8	4,1	2,1
	R 2.3	317,3	103,3	3,3	3,8	3,7
	R 3.1	309,4	90,3	2,9	4,2	3,4
	R 3.2	278,3	104,8	3,7	4,4	4,4
	R 3.3	295,6	107,4	3,6	4,3	4,2
--	--	--	--	--	--	--
Santa Ana	S 1.1	327,3	97,5	3,0	3,5	3,3
	S 1.2	317,1	57,6	1,8	3,5	2,0
	S 1.3	321,8	89,7	2,8	3,4	3,1
	S 2.1	309,1	143,9	4,7	3,4	5,1
	S 2.2	310,8	145,1	4,7	3,4	5,1
	S 2.3	312,7	125,6	4,0	3,4	4,4
	S 3.1	304,7	98,3	3,2	3,7	3,6
	S 3.2	309,2	101,5	3,3	3,7	3,7
	S 3.3	299,8	123,6	4,1	3,6	4,6
--	--	--	--	--	--	--
Montecristi	M 1.1	322,9	58,3	1,8	3,2	2,0
	M 1.2	311,6	51,0	1,6	3,3	1,8
	M 1.3	305,3	40,4	1,3	3,3	1,5
	M 2.1	267,3	82,6	3,1	3,7	3,5
	M 2.2	270,3	102,7	3,8	3,6	4,2
	M 2.3	272,7	79,5	2,9	3,7	3,3
	M 3.1	296,7	71,7	2,4	3,4	2,7
	M 3.2	289,4	86,1	3,0	3,3	3,3
	M 3.3	287,0	54,7	1,9	3,3	2,1

Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Prismas de la ciudad de Rocafuerte. Antes y después del ensayo.
Fuente: Fotografías tomadas por los autoresFigura 5. Prismas de la ciudad de Santa Ana. Antes y después del ensayo.
Fuente: Fotografías tomadas por los autores



Figura 6. Prismas de la ciudad de Montecristi. Antes y después del ensayo
Fuente: Fotografías tomadas por los autores

Los tipos de falla más comunes observados fueron el agrietamiento vertical y diagonal. También se observaron fallas por aplastamiento y trituración de las piezas de mampostería. En la Fig. 4 se muestra uno de los prismas ensayados de Rocafuerte, en Fig. 5 los de Santa Ana y en la Fig. 6 se muestra los de Montecristi.

3.3 Esfuerzo a la compresión diagonal en muretes

La tabla 4 presenta los resultados obtenidos de los ensayos a compresión diagonal en los muretes. Los muretes elaborados con ladrillos de la ciudad Rocafuerte alcanzaron una carga máxima de 96,6 kN y un esfuerzo máximo de 1,1

Tabla 4.
Esfuerzo a compresión diagonal de muretes.

Procedencia	Muestra	Área cm ²	Carga kN	f' _v MPa
Rocafuerte	R 1.1	943,0	81,9	0,9
	R 1.2	981,1	65,6	0,7
	R 1.3	950,6	84,1	0,9
	R 2.1	1050,0	63,0	0,6
	R 2.2	954,5	70,3	0,7
	R 2.3	918,0	96,6	1,1
	R 3.1	933,8	71,4	0,8
	R 3.2	939,4	71,6	0,8
	R 3.3	943,0	68,6	0,7
	--	--	--	--
Santa Ana	S 1.1	946,0	55,3	0,6
	S 1.2	973,1	47,9	0,5
	S 1.3	946,0	38,6	0,4
	S 2.1	935,0	66,9	0,7
	S 2.2	929,5	62,0	0,7
	S 2.3	882,0	62,5	0,7
	S 3.1	903,0	71,9	0,8
	S 3.2	900,5	64,3	0,7
	S 3.3	875,5	29,6	0,3
	--	--	--	--
Montecristi	M 1.1	929,5	30,0	0,3
	M 1.2	918,5	34,1	0,4
	M 1.3	954,9	32,8	0,3
	M 2.1	832,1	37,4	0,4
	M 2.2	850,2	43,3	0,5
	M 2.3	809,8	40,5	0,5
	M 3.1	917,4	37,4	0,4
	M 3.2	902,0	45,7	0,5
	M 3.3	918,4	47,4	0,5

Fuente: Elaboración propia

MPa; los muretes de Santa Ana alcanzaron una carga máxima de 71,9 kN y un esfuerzo máximo de 0,8 MPa; y los de Montecristi una carga máxima de 47,4 kN y un esfuerzo de 0,5 MPa. El promedio del esfuerzo a compresión diagonal obtenido de los muretes de Rocafuerte fue de 0,8 MPa, en los de Santa Ana de 0,6 MPa y en los de Montecristi de 0,4 MPa.

En algunos casos, los muretes ensayados a compresión diagonal exhibieron fallas escalonadas a través de las juntas de mortero y fallas por deslizamientos debido a la poca adherencia entre la unidad y el mortero, lo que ocasionó el desprendimiento de ladrillos. La Figs. 7, 8 y 9 muestran muretes de las ciudades de Rocafuerte, Santa Ana, y Montecristi, respectivamente, antes y después del ensayo; permitiendo observar los modos de falla característicos.

3.4 Análisis estadístico de los ensayos

Se aplicó la prueba ANOVA a los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia a la compresión presentados en la Tabla 3. Como resultado se utilizó la columna “f'm” y como factores la columna “Procedencia”. Se obtuvieron los resultados que se presentan en la Tabla 5.



Figura 7. Murete de la ciudad de Rocafuerte. Antes y después del ensayo
Fuente: Fotografías tomadas por los autores



Figura 8. Murete de la ciudad de Santa Ana. Antes y después del ensayo
Fuente: Fotografías tomadas por los autores



Figura 9. Murete de la ciudad de Montecristi. Antes y después del ensayo
Fuente: Fotografías tomadas por los autores

Tabla 5.
Resultados de la prueba ANOVA para la resistencia a la compresión.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Procedencia	2	6,500	3,2500	3,65	0,041
Error	24	21,367	0,8903		
Total	26	27,867			

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 5, el valor p obtenido en la Tabla 5 es menor a 0,05. Con lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación de que existe una diferencia en las medias de las muestras. Mediante el gráfico de intervalos mostrado a continuación en la Fig. 10, se puede verificar que la mejor resistencia a la compresión la obtuvieron las muestras de la región de Santa Ana.

Para los resultados obtenidos en la Tabla 4 sobre resultados de esfuerzo a la compresión en diagonal, se realizó la misma prueba. Se tomaron como resultado la columna “ $f'v$ ” y como factores la columna “Procedencia”. Se obtuvieron, los resultados que se presentan en la Tabla 6.

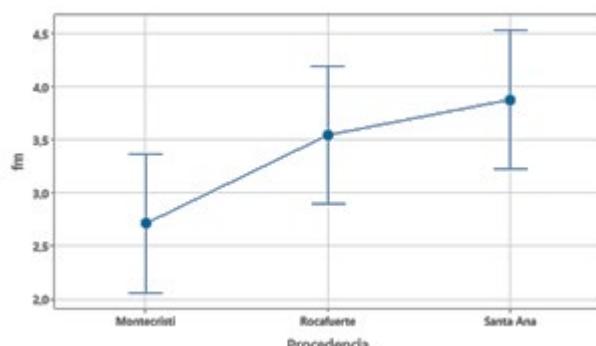


Figura 10. Gráfica de intervalos de $f'm$ vs Procedencia (95 % IC para la media)
Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.
Resultados de la prueba ANOVA para el esfuerzo a la compresión diagonal.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Procedencia	2	0,6430	0,32148	16,94	0,000
Error	24	0,4556	0,01898		
Total	26	1,0985			

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 6, el valor p obtenido en la Tabla 5 es menor a 0,05, lo que permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de investigación que sostiene que existe una diferencia en las medias de las muestras. El gráfico de intervalos, mostrado en la Fig. 11, confirma que las muestras de la ciudad de Rocafuerte obtuvieron los mayores esfuerzos a la compresión diagonal.

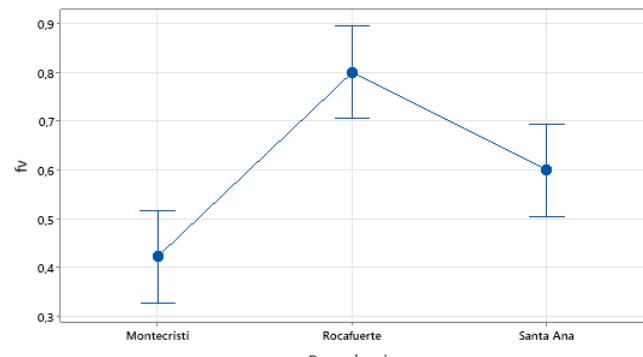


Figura 11. Gráfica de intervalos de $f'v$ vs Procedencia (95 % IC para la media)
Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

El esfuerzo promedio de compresión normalizado fue de 3,6 MPa para los prismas de Rocafuerte, 3,9 MPa para los de Santa Ana y 2,7 MPa para los de Montecristi. Los esfuerzos a compresión diagonal (corte) promediaron 0,8 MPa en los muretes de Rocafuerte, 0,6 MPa en los de Santa Ana y 0,4 MPa en los de Montecristi.

Las fallas predominantes en los prismas fueron el agrietamiento vertical del prisma y la trituración de las unidades, atribuibles al proceso de fabricación del ladrillo. Los muretes ensayados a compresión diagonal presentaron fallas escalonadas a través de las juntas de mortero, y deslizamientos por baja adherencia unidad-mortero, lo que provocó el desprendimiento del mampuesto.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las resistencias a la compresión y a la compresión en diagonal, siendo las mejores muestras las de Santa Ana y las de Rocafuerte, respectivamente.

La resistencia a compresión y corte en paredes de relleno de pórticos es significativa debido a la resistencia del ladrillo artesanal combinado con la gran área transversal de las paredes en relación con las columnas, lo que explica que muchas estructuras con columnas que no cumplen la normativa resistieron el sismo. Lo anterior también da perspectivas de utilizar las paredes de esas estructuras para utilizarlas en el reforzamiento de estructuras consideradas vulnerables ante sismos.

Referencias

- [1] IG-EPN., Observaciones del sismo del 16 de abril de 2016 de magnitud Mw 7.8, Intensidades y aceleraciones, IG-EPN. 2016.
- [2] Aguiar, R., y Mieles, Y., Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016, Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, 21(3), pp. 257-282, 2016.

- [3] Aşikoğlu, A., Vasconcelos, G., Lourenço, P., and Pantò B., Pushover analysis of unreinforced irregular masonry buildings: lessons from different modeling approaches, *Engineering Structures*, (218), art. 110830, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110830>
- [4] Mehrabi, A., Benson-Shing, B., Michael, P., Schuller, P., and James L.-N., Experimental evaluation of masonry-infilled RC frames, *Journal of Structural Engineering*, 122(3), pp. 228–237, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1996\)122:3\(228\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1996)122:3(228))
- [5] Kakaletsis, D., and Karayannis, C.-G., Influence of masonry strength and openings on infilled R/C frames under cycling loading, *Journal of Earthquake Engineering*, 12(2), pp. 197–221, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/13632460701299138>
- [6] Pokharel, S., Biswal, D.R., Sahoo K.K., and Dhir, P.K.P., Seismic performance of masonry-infilled RC frames and its implications in design approach: a review. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 29(2), art. 03124001, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1061/PPSCFX.SCENG-1337>
- [7] Asteris, P.G., Antoniou S.T., Sophianopoulos, D.S., and Chrysostomou, C.Z., Mathematical macromodeling of infilled frames: state of the art, *Journal of Structural Engineering*, 137(12), art. 0000384, 2011. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)JST.1943-541X.0000384](https://doi.org/10.1061/(ASCE)JST.1943-541X.0000384)
- [8] Asteris, P.G., Cotsovos, D.M., Chrysostomou, C.Z., Mohebbkhah, A., and Al-Chaar, G.K., Mathematical micromodeling of infilled frames: state of the art. *Engineering Structures* [online]. (56), pp. 1905–1921, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.ENGSTRUCT.2013.08.010>
- [9] ASTM C1314-22, Standard test method for compressive strength of masonry prisms, ASTM International. 2022.
- [10] Cuza-Bayón, E., Reyes-Viñas, O., Fundora-Sautié, N., y Martínez-Cid, J.O., Revisión bibliográfica sobre ensayos a compresión en prismas de mampostería, *Revista Ciencia y Construcción*, 3(1), pp. 90–109, 2022.
- [11] ASTM E519/E519M-21, Standard test method for diagonal tension (shear) in masonry assemblages, B.M.: ASTM International West Conshohocken, PA, USA. 2021
- [12] ASTM C109/C109M, Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (using 2-in, or [50 mm] cube specimens), ASTM International, 04(2), 2020.

S. Alcívar-Moreira, es Ing. Civil graduado en la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador, en 2012. MSc. en Ingeniería Estructural y Geotécnica en la Pontificia Universidad Católica de Chile, 2014. Candidato a Dr. en Ingeniería de Materiales, Estructuras y Terreno: Construcción Sostenible en la Universidad de Alicante de España. Diplomado en Tecnología para la Construcción Sismo-resistente en el Building Research Institute de Japón, 2017. Diplomado en Evaluación de Escenarios para la Reducción de Riesgo de Desastres de Origen Natural por la P. Universidad Católica de Chile, 2019. Profesor Auxiliar del Departamento de Construcciones Civiles de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica de Manabí. Asignaturas impartidas como docente: Ingeniería Sísmica, Hormigón Armado III, Hormigón Armado I, Estructuras Metálicas; Hormigón Pretensado, Construcciones III y Estabilidad. Especializado en análisis y diseño de estructuras sismo resistentes.
ORCID: 0000-0001-8430-0534

Y.I. Mieles-Bravo, Dr. en Ciencias Técnicas en 2022, por la Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba. MSc. en Ciencias de la Ingeniería, mención estructuras, en 2008, por la Universidad Técnica de Manabí. Ing. Civil en 2001, de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. Diplomado en Tecnología para la Construcción Sismo-resistente en el Building Research Institute de Japón en 2017. Es profesor agregado desde el 2009, en el área de estructuras de la carrera de Ingeniería Civil, Departamento de Construcciones Civiles de la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
ORCID: 0000-0002-2864-2625

C.A. Pavón-Brito, es Ing. Mecánico graduado en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador. MSc. en Enseñanza de la Física en la misma universidad. Profesor agregado tiempo completo de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales de la Matemática y la Física en la Universidad de Guayaquil. Imparte la carrera de Física.
ORCID: 0000-0002-8913-1546

J.C. Loor-Álava, Ing. Civil graduada en la Universidad Técnica de Manabí en 2020.
ORCID: 0009-0000-4110-2183

M.B. Mero-Navarrete, Ing.Civil graduada en la Universidad Técnica de Manabí en 2020.
ORCID: 0009-0000-7043-9674