



COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DE ADOBES Y ADOBES REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO

Xavier Cárdenas¹; Eva Chuya²; Fernanda Ayala³

¹Universidad de Cuenca / Universidad Politécnica de Madrid, xavier.cardenas@ucuenca.edu.ec

Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca; Cuenca, Ecuador,
²ecatalina.chuyas@ucuenca.ec; ³fernanda.ayalaz@ucuenca.ec

Palabras clave: compresión, físicas, mecánicas, refuerzo, tierra

Resumen

El último censo realizado en Ecuador en 2010 indica que existen 212934 viviendas de adobe y por la ubicación geográfica del país con respecto al Cinturón de Fuego del Pacífico, le caracteriza en un territorio de alta sismicidad, siendo una oportunidad para desarrollar investigaciones de los adobes tradicionales y posibles mejoras, para la conservación y mantenimiento de estructuras patrimoniales. La investigación se centra en comparar adobes tradicionales y adobes reforzados interiormente con varillas de fibra de vidrio, para ello se seleccionó una adobera situada en Cuenca -Ecuador - sector San José de Balzay, la misma que proveyó todo el material para el estudio. Mediante ensayos físicos se estudió la tierra como principal constituyente de los adobes, sometiendo a 10 ensayos de campo y los resultados se concatenaron con 4 ensayos de laboratorio; luego de caracterizada la tierra se confeccionaron 510 adobes que sirvieron para hacer 150 muestras, realizando ensayos mecánicos de: adobes a compresión, adobes a flexión, pilas de adobes a compresión y muros de adobes a compresión diagonal, se adoptó la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC y la Norma Peruana E.080 para los ensayos. En los resultados, siempre se comparó el adobe tradicional contra el adobe reforzado interiormente con fibra de vidrio, obteniendo que: los adobes con inclusión de fibra de vidrio son: 25 % más resistentes a compresión, tienen un 514 % más capacidad a flexión, son 30 % más resistentes las pilas de adobes a compresión y son un 68 % más resistentes los muros de adobes a compresión diagonal, es decir, se presenta un aumento en la carga de ruptura del adobe reforzado respecto al adobe tradicional, siendo importante destacar las diferentes formas de colocación de las varillas de fibra de vidrio en busca de las mejoras en la capacidad resistente del material.

1 INTRODUCCIÓN

Uno de los principales sistemas de construcción para edificaciones de tierra, es el adobe, debido a las cualidades que este brinda. Sin embargo, son altas las exigencias técnicas presentadas por el material en cuestión de normas y estándares, pues se trata de una combinación de la arquitectura misma, la carga cultural que éste presenta y su autoconstrucción, convirtiéndola en una técnica constructiva difícil de recuperar (Antelo et al., 2012)

Gran parte de los problemas patológicos presentes en las edificaciones de tierra son debido a agentes climáticos, por lo que según Rufino, “para la construcción de nuevas viviendas es necesario incorporar y mejorar las técnicas y tecnologías de producción de adobes para aumentar su resistencia” (Rufino, 2013, p.36).

Se vuelve indispensable recuperar los valores arquitectónicos de las construcciones en tierra puesto que son parte de la cultura de cada pueblo, dejando de lado el rechazo social presentado hacia este material. Además, es importante desarrollar y aplicar métodos de construcción acorde con las exigencias actuales y las particularidades de cada localidad y región, consiguiendo así, recuperar esta técnica constructiva.

La composición del adobe está dado por la unión de arcillas, limos, arenas, gravas y agua, en diferentes proporciones, y generalmente para reforzar o estabilizar los adobes se usan aditivos, como “fibras vegetales o animales”, las cuales constituyen unos de sus principales componentes, por ejemplo: en Ecuador y Perú se utiliza una gramínea, en Trinidad se utiliza

una fibra vegetal durable y resistente, en África la cascarilla de millo, en México agujas de pino, fibras que representan del 20 % al 30 % del volumen de los adobes (Doat et al., 1990, p.145). Además de fibras se pueden utilizar refuerzos convencionales tales como “cemento, cal o asfalto”.

La experimentación con las técnicas tradicionales ha sido impulsada en gran medida por los frecuentes terremotos (Torres; Jorquera, 2018). En la actualidad, la utilización de nuevos elementos que en su combinación con materiales tradicionales pueden mejorar la respuesta ante ciertas sollicitaciones de la estructura es un hecho, producto de ello surgen compuestos hechos de fibras en una resina polimérica, también conocidos como polímeros reforzados con fibra (FRP), siendo una alternativa para reparación y rehabilitación de estructuras.

El creciente interés en los sistemas de FRP para el fortalecimiento y la adaptación se puede atribuir a muchos factores, pues dichos materiales de FRP son ligeros, no corrosivos, tienen buenas propiedades de aislamiento térmico, bajo mantenimiento, durabilidad satisfactoria y exhiben una alta resistencia a la tracción. Estos materiales están disponibles de varias formas, desde laminados elaborados en fábrica hasta hojas de fibra seca que pueden envolverse para ajustarse a la geometría de una estructura antes de agregar la resina polimérica. Los perfiles relativamente finos de los sistemas FRP curados, son a menudo deseables en aplicaciones donde la estética se vuelve una preocupación. Los principales tipos de fibra sintética son: carbono, vidrio y aramida.

Hoy en día, los compuestos reforzados con fibra son ampliamente utilizados de diversas maneras y en diferentes ramas de la ingeniería tales como la estructural, aeroespacial, aeronáutica, mecánica, entre otras, y sobre todo en aplicaciones navales, debido a que las fibras presentan alta resistencia a la rigidez (Suresh; Jayakumari, 2015). Razón por la cual, en los últimos tiempos las fibras han sido sometidas a intensos e importantes estudios para obtener un material que sea altamente resistente, es más, se considera a estos materiales como reemplazo para el acero y el aluminio.

Por lo tanto, el refuerzo en las piezas de adobe que conforma la mampostería de edificaciones se vuelve de gran importancia en la rehabilitación y seguridad estructural de las construcciones, más aún en ciudades con influencia sísmica. En función de ello, es importante asegurar un adecuado comportamiento del adobe y es posible definir acerca de la conveniencia de la recuperación de este material en la construcción y proponer el refuerzo de la misma de forma interna para garantizar la estética en congruencia con la seguridad y confiabilidad.

El presente trabajo de investigación aborda específicamente la determinación de parámetros físicos y mecánicos con fines de análisis y diseño estructural de unidades de adobe y paredes que serán sometidos a pruebas para evaluar sus propiedades. El estudio contempla la comparación siempre del adobe tradicional versus un adobe con adición de varillas de fibra de vidrio (GFRP) y así poder obtener conclusiones que aporten la viabilidad de dicha aplicación.

2 METODOLOGÍA Y MATERIALES

2.1 Metodología

a) Enfoque de la investigación

Es de carácter cuantitativo, la investigación radica en comparar adobes tradicionales con adobes reforzados interiormente con varillas de fibra de vidrio, determinando parámetros que puedan servir para la etapa de análisis y diseño estructural.

b) Tipo de estudio

Observacional, para marcar la fisuración de la muestra conforme se sometió a estados de esfuerzo, denotando el fenómeno espontáneo de cada muestra de adobe y posteriormente realizar la autopsia de cada muestra para poder determinar la causa de fallo.

Experimental, se controló la maniobra en cada ensayo, sometiendo a lo expuesto por la normativa.

Del stock disponible de adobes, se tomó muestras para cada ensayo al azar.

c) Lugar y período

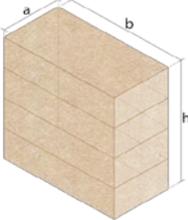
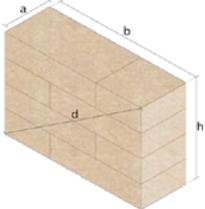
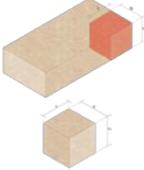
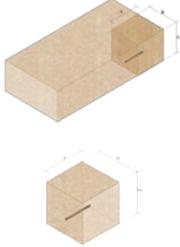
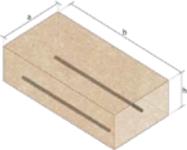
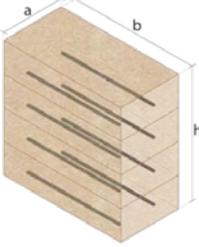
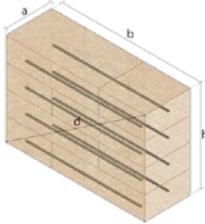
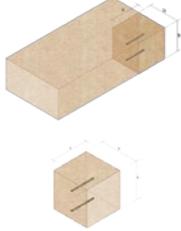
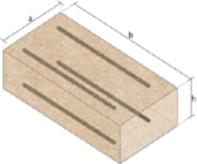
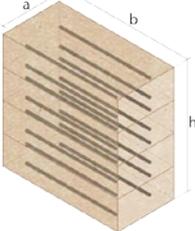
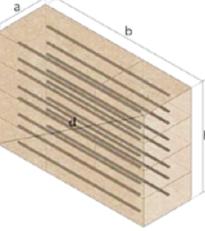
Los diferentes ensayos fueron realizados en los laboratorios de la Facultad de Arquitectura y de Ingeniería de la Universidad de Cuenca, teniendo como período para fabricación de muestras, ensayos y recolección de datos, de septiembre a diciembre de 2017.

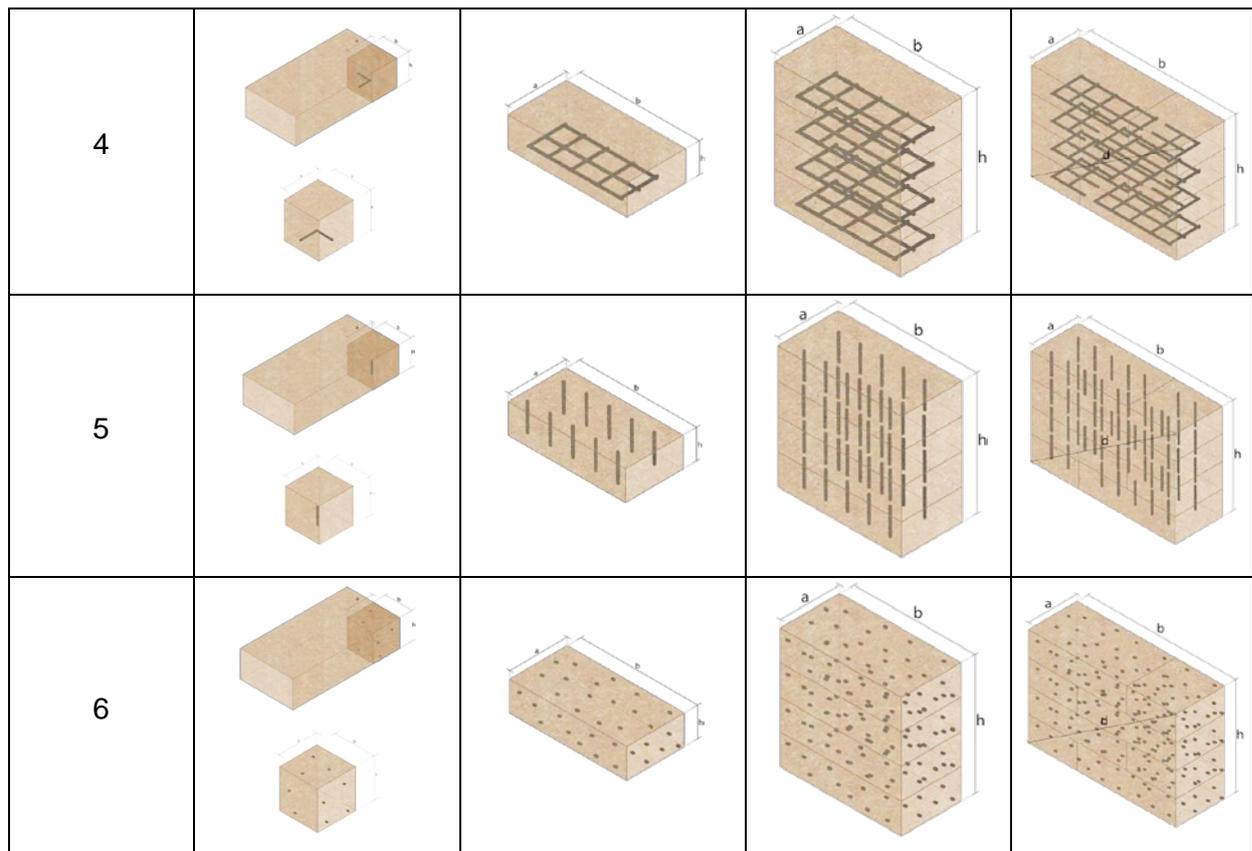
d) Casos de estudio

La determinación de parámetros físicos, se realizó sobre la tierra utilizada para la fabricación de adobes; los ensayos mecánicos se ejecutaron en adobes tradicionales y posteriormente en adobes con inclusión de fibra de vidrio en la parte interior.

Los casos de estudio determinados por Chuya e Ayala (2018) se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Muestras para el estudio de adobe e adobe reforzado con GFRP

Caso	cuadro de adobe (10x10x10 cm)	adobe (40x 20x10 cm)	pila de adobe (40x20x46 cm)	muro de adobe (60x20x46 cm)
1_fabricado				
1_cortado				
2				
3				



e) Tamaño de la muestra

Según lo establecido en la norma ecuatoriana de la construcción NEC-SE-VIVENDA (2015) y la norma peruana E.080 (2017), se tomaron seis muestras para cada ensayo, descartando los dos peores valores fueran descartados para los resultados. Fueron ensayados 150 muestras en total y se utilizó 510 adobes en total considerando el desperdicio.

f) Ensayos

- Para caracterizar físicamente a la tierra se utilizó ensayos de campo tales como: prueba de rollo, de olfato, de la bola, de lavado de manos, de corte con cuchillo, de la botella, del disco, de la mordedura, del color, de exudación y ensayos de laboratorio tales como: contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico.
- Para caracterización mecánica de la fibra de vidrio se realizó el ensayo de tracción.
- Para los adobes y sus variantes, se realizó ensayos de compresión, flexión compresión en pilas y compresión diagonal en muros.

g) Normas

Cid, Marazón y Cañas (2011), en su estudio de las normativas de construcción con tierra en el mundo, analizan 55 normas y reglamentos de países de los cinco continentes, afirman que pese a que la tierra es utilizada desde hace siglos, en varios países se encuentran problemas técnicos para llevar a cabo una construcción con este material.

Para la caracterización física de la tierra de los adobes en laboratorio, se adoptó lo dispuesto en el ASTM E 2392 (2016) y la normativa ecuatoriana según el detalle presentado en la tabla 2.

Para la caracterización mecánica de los materiales se utilizó: lo dispuesto en el Subcommittee 440F (ACI, 2008) para determinar la tracción de la varilla de fibra de vidrio, y, para el adobe, se utilizó normativa ecuatoriana y peruana, supliendo el déficit normativo de cada país y según la tabla 3.

Tabla 2. Procedimientos adoptados para caracterización física de la tierra

País	Norma	Ensayos
Ecuador	NTE INEN 0690 (1982)	Contenido de humedad
	NTE INEN 0691 (1982)	Límite líquido
	NTE INEN 0692 (1982)	Límite plástico
	NTE INEN 0696 (2011)	Granulometría

Tabla 3. Procedimientos adoptados para caracterización mecánica de los adobes

País	Norma	Ensayos
Perú	E.080 (2017)	Resistencia a la compresión
		Resistencia de muretes a la compresión
		Resistencia de muretes a compresión diagonal
Ecuador	NTE INEN 0295 (1977)	Resistencia a la flexión
	NTE INEN 2554 (2011)	

2.2 Materiales

a) Adobe

El censo de vivienda del Ecuador (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010) afirma que existen 212934 viviendas de adobe en el país, que representan el 5,68 %, de las cuales el 38250 están en la provincia del Azuay, y de estas aproximadamente el 51% están concentradas en el Cantón Cuenca, ciudad que se encuentra dividida en 21 parroquias, entre las cuales se encuentra Sinincay, sector San José de Balzay, con un área de aproximadamente 30 km², que es el territorio donde se fabrican la mayoría de adobes para las edificaciones de la ciudad.

Actualmente en la parroquia Sinincay existen cinco fábricas de adobe. Se optó escoger una ubicada en la latitud 2°51'58.17"S y longitud 79° 2'46.65"O como proveedor de los adobes del estudio, debido a la amplia disponibilidad del material (stock). Además son los de esta fábrica la mayoría de los adobes usados en la remodelación de viviendas pertenecientes al centro histórico de la urbe.

b) Fibra de vidrio

Las especificaciones de fibra de vidrio utilizada son presentadas en la tabla 4.

Tabla 4. Especificaciones de la varilla fibra de vidrio

Propiedad	Unidad	Especificación
Resistencia a la flexión	MPa	> 240
Resistencia a la tracción	MPa	> 400
Resistencia al impacto	MPa	38,9
Dureza barcol	unidad	> 40
Contenido de fibra de vidrio	% en peso	≥ 70
Rigidez dieléctrica	V/mm	> 8000
Termodistorción		> 100
Absorción de agua	%	< 0,6

Fuente: Equisplast S.A. (<http://www.equisplast.com/descargas>)

La fibra de vidrio se clasifica en dos categorías: la fibra de uso general de bajo costo y fibra de uso especial. Se estima que más del 90% de la fibra de vidrio existente son productos de uso general sujetos a especificaciones de la ASTM International, las mismas que son conocidas como clase E; mientras que las fibras de vidrio restantes son productos de uso especial. La varilla de fibra de vidrio utilizada está recubierta de sílice de color negro, tienen un diámetro de 12 mm, con un peso aproximado de 0,218 kg/m.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización física de la tierra

Tabla 5. Caracterización física de la tierra en el campo y el laboratorio

Determinación	Lugar	Resultado	Indicador
Prueba de elasticidad (prueba del rollo)	Testes de campo	Rotura 12 cm	Presenta una adecuada proporción de arcilla/ agua
Prueba de olfato		No presenta olor importante	Cantidad de materia inorgánica baja
Prueba de impacto (caída de la bolita)		Rotura 4 pedazos grandes	Sugiere humedad correcta
Prueba de lavado de manos		Tierra se pega en la mano	La tierra tiene característica de arcilla
Prueba de corte con cuchillo		La muestra mostro brillo	Buen contenido de arcilla
Prueba de sedimentación (prueba de la botella)		70 % arcilla/limo y 30 % arena	La arena está alrededor de 2,3 veces la cantidad de arcilla y limos
Prueba de resistencia seca (prueba del disco)		El disco se aplasta con dificultad	Es una tierra de media o alta resistencia
Prueba de la mordedura		No rechina con mordedura	Característica de suelo arcilloso
Prueba del color		Tierra tiende a un color pardo amarillento	Suelo apropiado para la construcción, baja presencia de materia inorgánica
Prueba de exudación		Muestra fue sometida a más de 30 golpes	Característica de suelo arcilloso
Contenido de humedad	Ensayo de laboratorio	10%	Clasificación: SUCS ¹ = SC AASHTO ² = Suelo A-2-7
Granulometría			
Límite líquido		55%	
Límite plástico		30%	
Índice de plasticidad		25%	

¹ S.U.C.S, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

² AASHTO, Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes

La caracterización física según los ensayos de campo y de laboratorio está en estricta congruencia, denotando un suelo con una cantidad importante de finos plásticos, cuyas arcillas inorgánicas son de alta compresibilidad, pero tienen un comportamiento de excelente a bueno para la elaboración de adobes, resaltando por ser granular con gravas y arenas arcillosas y limosas.

3.2. Caracterización mecánica

a) Determinación de la resistencia a la tracción de varilla de fibra de vidrio

El ensayo de tracción se realizó sobre cinco muestras (figura 1). En el mismo se midió el alargamiento que presentó la muestra. La figura 2 muestra el comportamiento que las varillas experimentaron, las cuales dieron como resultado 191,6 MPa, sin embargo, hay que considerar que el resultado obtenido ocurrió en la zona de agarre (mordazas) y no en la parte central de la muestra como ocurre normalmente en el acero.



Figura 1. Ensayo a tracción de varillas de fibra de vidrio (Crédito: los autores)

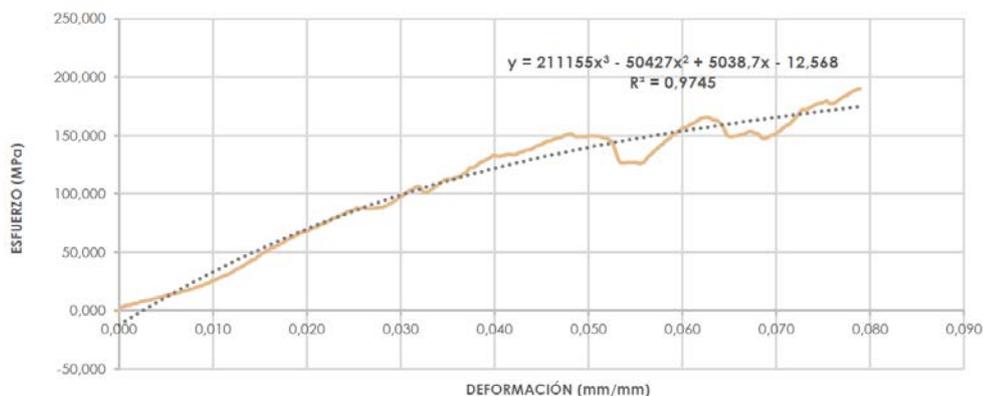


Figura 2. Comportamiento a tracción de varilla de fibra de vidrio

b) Determinación de la resistencia a la compresión de adobes

La figura 3 presenta los resultados de resistencia a la compresión en muestras de adobe de 10x10x10 cm.

Entre las muestras de adobe cortado y no cortado existe una diferencia del 14%, obteniendo mayor resultado la muestra de adobe sin cortar (elaborado o fabricado de 10x10x10 cm), con un promedio de 1,4 MPa para su esfuerzo máximo. Mientras que de los cinco casos de estudio de adobes reforzados, cuatro de ellos sobrepasan hasta un valor máximo de 25% con respecto a la muestra de adobe tradicional y una muestra se encuentra por debajo de éste con un 6% de diferencia.

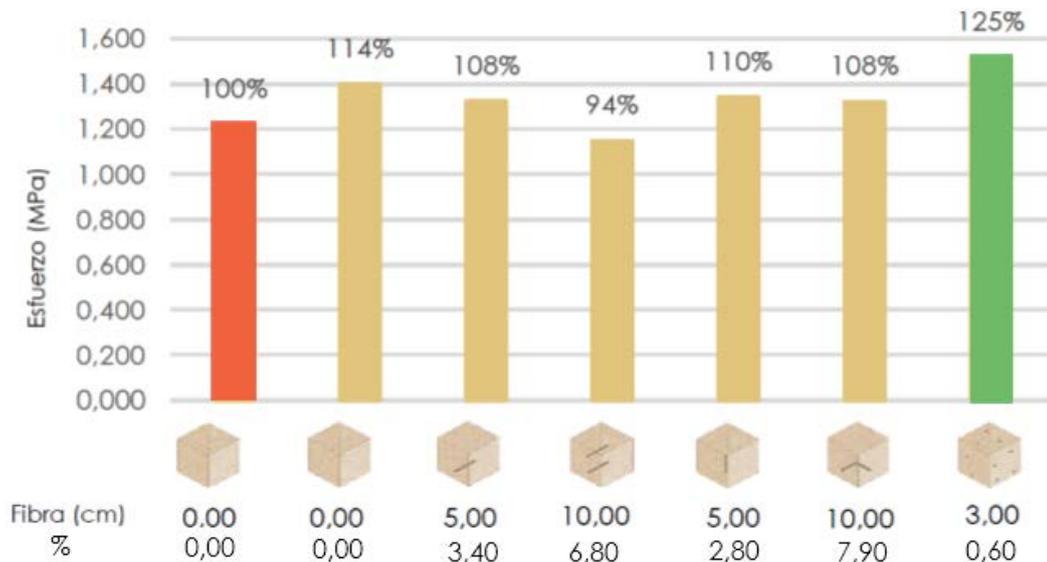


Figura 3. Ensayo a compresión en adobes de 10x10x10 cm

Siendo el caso 6 el que adquiere mayor resistencia de todas las muestras ensayadas, cuya esfuerzo máximo promedio es de 1,5 Mpa, es decir, 1,5 veces mayor al establecido por la norma E.080 (1,00 MPa).

En tanto que, el caso 3 es el que adquiere la menor resistencia, cuyo esfuerzo máximo promedio es de 1,1 MPa, es decir, 1,15 veces mayor a lo establecido en la norma E.080.

Por lo que, tanto en los adobes tradicionales como en los cinco casos de estudio los valores obtenidos por compresión en unidad están por encima de lo dispuesto en la normativa.

c) Determinación de la resistencia a la flexión de adobes

La figura 4 presenta los resultados de la resistencia a la flexión en muestras de adobes de 40x20x10 cm.

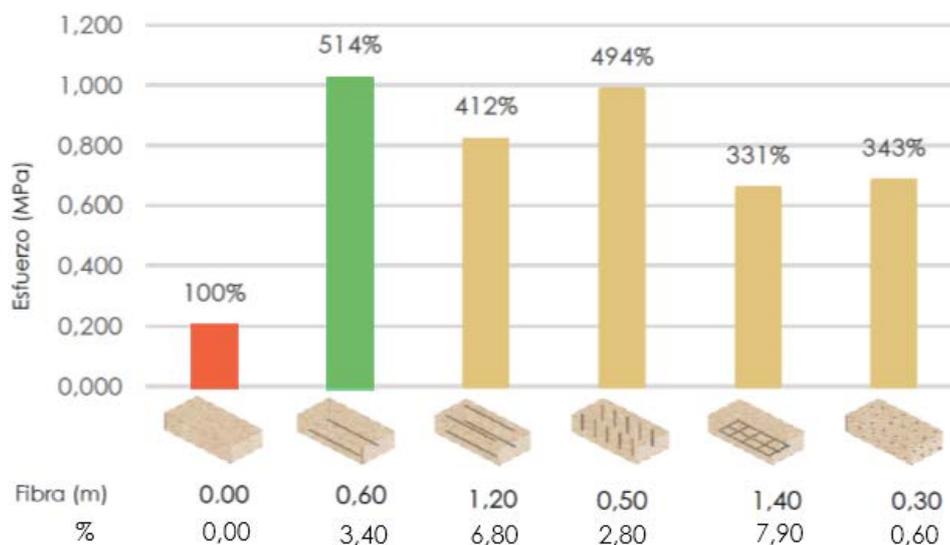


Figura 4. Ensayo a flexión en adobes de 40x20x10 cm

La NEC-SE-VIVENDA (2015) y la E.080 (2017) no especifican parámetros para realizar ensayos a flexión del adobe, tampoco adoptan valores referenciales mínimos, razón por la

cual se ha tomado como referencia el valor de la resistencia obtenida por el adobe tradicional.

En el ensayo a flexión de las muestras de adobe tradicional en comparación con los casos de estudio del adobe reforzado, las muestras superan en un porcentaje de 231% a 414% por encima del adobe tradicional.

En este caso, el valor promedio del esfuerzo a flexión del adobe tradicional fue de 0,2 MPa mientras que el valor más alto obtenido de los cinco de adobe reforzado fue el caso 2, cuyo valor promedio de resistencia fue de 0,8 MPa, es decir, 5 veces más que el adobe tradicional.

d) Determinación de la resistencia a compresión de pilas de adobe

La composición para el ensayo contemplo 4 adobes de 40x20x10 cm apilados con un mortero de aproximadamente 2 cm de espesor. La figura 5 presenta los resultados del ensayo de compresión de pilas de adobe.

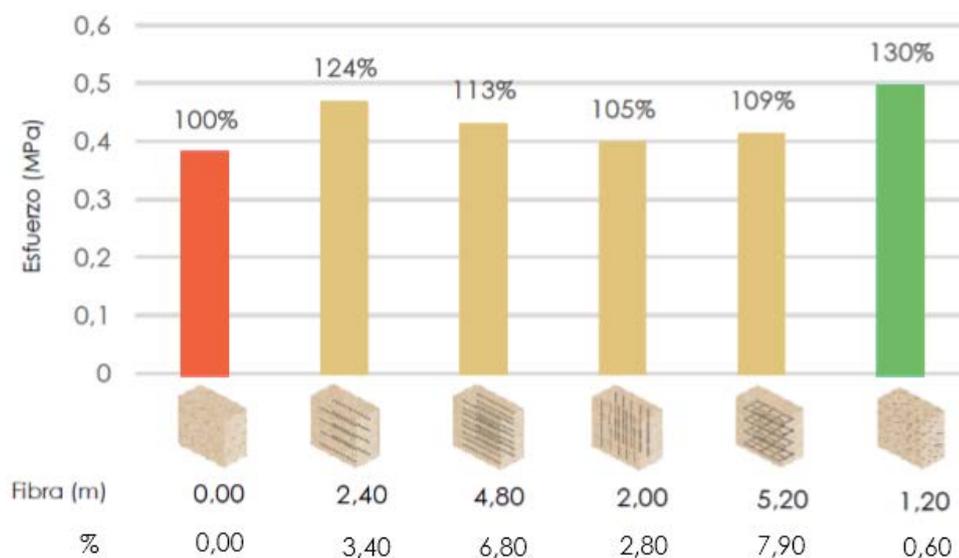


Figura 5. Ensayo de pilas de adobes a compresión

Las pilas ensayadas a compresión de adobes reforzados obtuvieron valores superiores al promedio del murete de adobe tradicional, incremento que varía de 5% a 30%.

La pila conformada por adobe tradicional dio como resultado un valor promedio de 0,4 MPa, mientras que el caso 6, cuyo valor registrado fue el mayor a todas las demás muestras dio un resultado promedio de 0,5 MPa, es decir, 1,30 veces más a la pila de adobe tradicional, sin embargo, la norma para estos ensayos establece una resistencia última de 0,6 MPa.

Por lo tanto, a pesar del incremento de los casos ensayados en comparación con la muestra de adobe tradicional, ninguno satisface los valores establecidos por la norma.

e) Ensayo de muros a compresión diagonal

Las muestras fueron elaboradas con 4 hiladas de adobes de 40x20x10 cm, dispuestos en cada hilada aproximadamente un adobe y medio, con juntas de mortero de barro de 2cm aproximadamente. Los resultados son presentados en la figura 6.

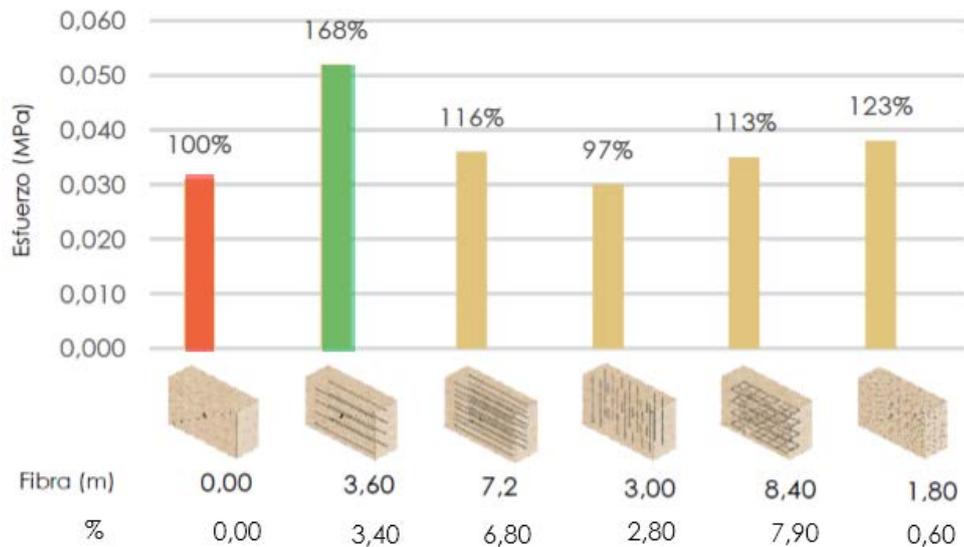


Figura 6. Ensayo de muros de adobes a compresión diagonal

De las muestras ensayadas a compresión diagonal, uno de los casos de ensayo con adobe reforzado es inferior al murete de adobe tradicional, mientras que los otros cuatro superan a este murete con porcentajes que varían del 13 % al 68 %.

Así, el valor más bajo corresponde al murete del caso 4, cuyo valor promedio es de 0,03 MPa y el valor más alto obtenido es el del caso 2, con un valor promedio de 0,05 MPa, es decir, 1,7 veces superior al murete de adobe tradicional, cuyo valor es de 0,03 MPa.

Para este ensayo, la norma establece una resistencia última de 0,03 MPa, por lo que todas las muestras cumplen con el valor establecido; siendo el valor del caso 1 igual a 2 veces a lo requerido según la normativa.

4 CONCLUSIONES

La importancia de realizar este tipo de investigaciones recae en el rescate de la arquitectura de tierra que ha trascendido al paso del tiempo hasta hoy, sin embargo, debido a la necesidad de superar los límites sobre su comportamiento mecánico, son importantes las investigaciones enfocadas en volverlo un sistema constructivo acorde a las exigencias sísmicas de la región; pues la arquitectura en tierra sigue vigente y forma parte de las técnicas más usadas en el mundo.

Los resultados sobre el comportamiento mecánico de los adobes reforzados con fibra de vidrio fueron excelentes en los distintos casos de estudio realizados, por lo que, la fibra de vidrio, es un buen material de refuerzo en las piezas de adobe.

La resistencia obtenida en los distintos ensayos realizados fue:

- **Compresión:** Uno de los casos de muestras ensayadas incremento su valor hasta un 25% con respecto al adobe tradicional. Siendo el caso 5 el que presenta la mejor resistencia, con tan solo un 0,60% de fibra de vidrio en relación al volumen total del adobe.
- **Flexión:** Uno de los casos de muestras ensayadas indica un incremento de 5 veces, con respecto al adobe tradicional. Siendo el caso 2 el que presentó la mejor capacidad a flexión, con un porcentaje de fibra de vidrio de 3,40 % del volumen total de adobe.
- **Pilas de adobes a compresión:** Una de las muestras ensayadas tuvo un incremento del 30% con respecto al adobe tradicional. Siendo el caso 5 el que muestra los mejores resultados, con un porcentaje de fibra de vidrio de 0,60 % del volumen total de adobes.

- Muros a compresión diagonal: Una de las muestras ensayadas incremento su valor un 68% con respecto al muro de adobe tradicional. Siendo el caso 2, el cual obtuvo los mejores resultados de los ensayos, sin embargo, hay que considerar que las fallas de los muretes ensayados corresponden a fallas por deslizamiento y tensión diagonal por juntas.

Los resultados de los adobes reforzados con fibra de vidrio han demostrado un incremento significativo en las propiedades mecánicas en comparación con el adobe tradicional.

Los casos de estudio cuentan con una disposición de varillas distintas, los cuales fueron estudiados y analizados, con el fin de analizar el impacto de éstas en las piezas de adobe.

Como resultado se obtuvieron distintas formas de comportamiento frente a los ensayos mecánicos, todos ellos con buenos resultados frente a las muestras del adobe tradicional. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el incremento de la resistencia en los resultados de los ensayos no está relacionado con la cantidad de fibra de vidrio colocada, sino más bien, con la disposición de las varillas en los adobes.

El incremento en costo de una unidad de adobe reforzado es evidente en unos casos más que en otros, los cuales varían desde 1,8 a 4,8 veces más al valor del precio del adobe tradicional.

La cantidad de fibra de vidrio produce microfisuras (las cuales no comprometen su resistencia) en los adobes, sin embargo éstas disminuyen con la forma de la pieza. Es decir, mientras la proporción entre su largo (a) y profundidad (b) es más cercano a 1 el adobe presentará menos fisuras.

En relación a la densidad de los cubos (10x10x10 cm) ensayados, la variación de peso del adobe con inclusión de fibra decreció del 15 % al 20 % con respecto al adobe sin inclusión de fibra y la resistencia a compresión se incrementó hasta un 25 %.

Ahora bien, es evidente que el adobe tradicional es de menor costo que el adobe reforzado planteado en el presente trabajo y las mejoras en capacidad soportante en todos los ensayos también es indiscutible, sin embargo la mejora versus el costo, no es representativo, por lo que el reforzamiento interior con varillas de fibra de vidrio no es una alternativa viable en la actualidad por el alto costo de la fibra de vidrio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI (2008). Sub-Committee 440F – FRP Strengthening. USA: American Concrete Institute.
- Antelo Tudela, E.; Sánchez Iglesias, S.; Crespo González, C.; Raya de Blas, A (2012). Construir con tapial: piscina en Toro. Boletín Académico. Revista de investigación y arquitectura contemporánea, v2, 27-35.
- ASTM E2392 (2016). Standard guide for design of earthen wall building systems. USA: ASTM International
- Chuya, E.; Ayala, M. (2018). Comparación de parámetros mecánicos y físicos del adobe tradicional con adobe reforzado con fibra de vidrio. Tesis de pregrado. Cuenca: Universidad de Cuenca
- Cid, J.; Marazón, F. R.; Cañas, I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. Informes de la Construcción, v.63, n.523, 159-169
- Doat, P.; Hays, A.; Houben, H.; Matuk, S.; Vitoux, F. (1990). Construir con tierra. Bogotá: Fondo Rotatorio Editorial
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010). Estadística de vivienda en Ecuador. Nacional: INEC.
- NEC – SE – VIVIENDA (2015). Vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m. Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
- Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

NTE INEN 0295 (1977). Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la flexión. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 0690 (1982). Mecánica de suelos. Determinación del contenido de agua. Método del secado al horno. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 0691 (1982). Mecánica de suelos. Determinación del límite líquido método de casa grande. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 0692 (1982). Mecánica de suelos. Determinación del límite plástico. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 0696 (2011). Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 2554 (2011). Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón (Utilizando una viga simple con carga en los tercios). Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Rufino, J. (2013). Determinación de los problemas técnico–constructivos actuales que afectan la calidad y durabilidad de las viviendas de tierra en la provincia de Uige, Angola. *Arquitectura y Urbanismo*, v.34 n.2, 27-36.

Suresh, G.; Jayakumari, L. S. (2015). Evaluating the mechanical properties of e-glass fiber/carbon fiber reinforced interpenetrating polymer networks. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 25, n. 1, 49-57.

Torres G., C.; Jorquera S., N.. (2018). Técnicas de refuerzo sísmico para la recuperación estructural del patrimonio arquitectónico chileno construido en adobe. *Informes de la Construcción*, 70(550): e252. <https://doi.org/10.3989/ic.16.128>

AUTORES

Xavier Cárdenas, doctorando en la Universidad Politécnica de Madrid, Master en Dirección y Administración de Proyectos (Universidad de Valencia – España), Magister en Métodos Numéricos para Diseño en Ingeniería (Universidad Politécnica Salesiana – Ecuador), Ingeniero Civil (Universidad de Cuenca – Ecuador), profesor – investigador en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca – Ecuador.

Eva Chuya, Arquitecta (Universidad de Cuenca - Ecuador), investigadora en caracterización física de materiales.

Fernanda Ayala, Arquitecta (Universidad de Cuenca - Ecuador), investigadora en caracterización física de materiales.