



**Facultad de Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**

**Trabajo de Investigación**

**CRITERIOS Y RECOMENDACIONES EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS,  
PARA LA MEJORA DE LA CAPACIDAD SISMORRESISTENTE DE UNA  
EDIFICACIÓN DE ADOBE EN ZONAS RURALES DEL PERÚ**

**Autores**

Pomalaza Inga, Milton Danilo (1522458)  
Espinoza Salome, Jenry Yordy (1530512)

**Docentes**

Janqui Cavero, Iván Artemio  
Samaniego Orellana, Luis Jesús

Para obtener el grado de bachiller en:  
**Ingeniería Civil**

Lima, Perú  
Agosto - 2020

## **Índice General**

Resumen .....	1
1. Introducción.....	2
2. Metodología .....	4
3. Desarrollo .....	6
3.1 Criterios para el reforzamiento del muro .....	7
3.1.1 Adobe con malla electrosoldada .....	7
3.1.2 Adobe con geomalla .....	8
3.1.3 Adobe con confinamiento de refuerzo .....	9
3.1.4 Adobe con malla de cuerdas .....	10
3.1.5 Adobe con Eucalipto .....	10
3.2 Criterios para reforzar la unidad de albañilería.....	11
4. Recomendaciones.....	15
5. Conclusiones.....	16
6. Referencias bibliográficas .....	16

## **Resumen**

En la actualidad se observa que, en diferentes departamentos del Perú, existen construcciones de adobe sin ningún tipo de refuerzo. Esto acarrea un problema muy serio, dado que este material no es muy resistente a los movimientos sísmicos. Por esta razón, este artículo tuvo como objetivo revisar las diferentes formas en las que el adobe puede ser reforzado (Que como vimos puede ser reforzado en dos sentidos). En primer lugar, el refuerzo del adobe puede desarrollarse en los muros mismos (por ejemplo, a través de geomalla, malla electrosoldada, etc.). En segundo lugar, se puede mejorar el adobe con materiales que modifican sus propiedades mecánicas (por ejemplo, viruta, caucho, etc.). Con estos criterios, fue posible hacer una serie de recomendaciones en procesos constructivos para la mejora de la capacidad sismorresistente de una edificación de adobe que podría ser realizada en distintas zonas rurales del Perú. Finalmente, se realizó una serie de conclusiones en lo cual se observó que el mejor elemento para poder reforzar en sus propiedades mecánicas es la viruta de eucalipto que resultó con una fuerza de compresión de 50.77 kg/cm<sup>2</sup>. Además, se concluyó que el material más usado para reforzar los muros de adobe es la geomalla debido a su alto rendimiento sismorresistente.

## **Palabras Clave**

Adobe, Adobe reforzado, adobe sismorresistente, mejoras del adobe.

## 1. Introducción

El Perú es uno de los países que conforman el cinturón de fuego del Pacífico, esta zona es caracterizada por tener placas en subducción, es decir placas tectónicas que están en un proceso de hundimiento en una zona oceánica. Los movimientos sísmicos que son generados en el litoral peruano, son debido a la convergencia de dos placas tectónicas, las cuales son la de Nazca (oceánica) y la Sudamericana (continental). El rozamiento de estas placas, generan vibraciones de desplazamiento longitudinal. Esto es transmitido a través de movimientos sísmicos de diferente magnitud en escala Richter. El Perú a lo largo de los años, tiene registrado en el Instituto Geofísico del Perú (IPG) estos movimientos sísmicos de diferente magnitud en todo su territorio, los que han ocasionado desastres catastróficos.

Por ejemplo, el 31 de mayo de 1970 en el Departamento de Ancash, se registró a las 3:23 de la tarde, un terremoto de magnitud 7.8 grados. Lo que trajo como consecuencia el terrible saldo de 64 mil muertos y 150 mil heridos



Ilustración 1: Huaraz, Perú, tras el sismo del 31 de mayo de 1970.

Fuente: DW made for minds

Otro evento catastrófico registrado fue el 3 de octubre de 1974 en el Departamento de Lima. Este se desarrolló a las 9:21 de la mañana con una magnitud de 8 grados, dejando a su vez el lamentable saldo de 252 personas fallecidas y 3600 heridos.



Ilustración 2: Lima, Perú, tras el sismo de 1974

Fuente: Publímetro.pe

Finalmente, otro registro de un movimiento sísmico severo fue el 15 de agosto del 2007 en el Departamento de Lima, a las 6:41 de la noche con un movimiento de 7.9 grados (Diario Correo 2019), donde lamentablemente también fallecieron 596 personas.



Ilustración 3: Lima, Perú, tras el sismo del 2007

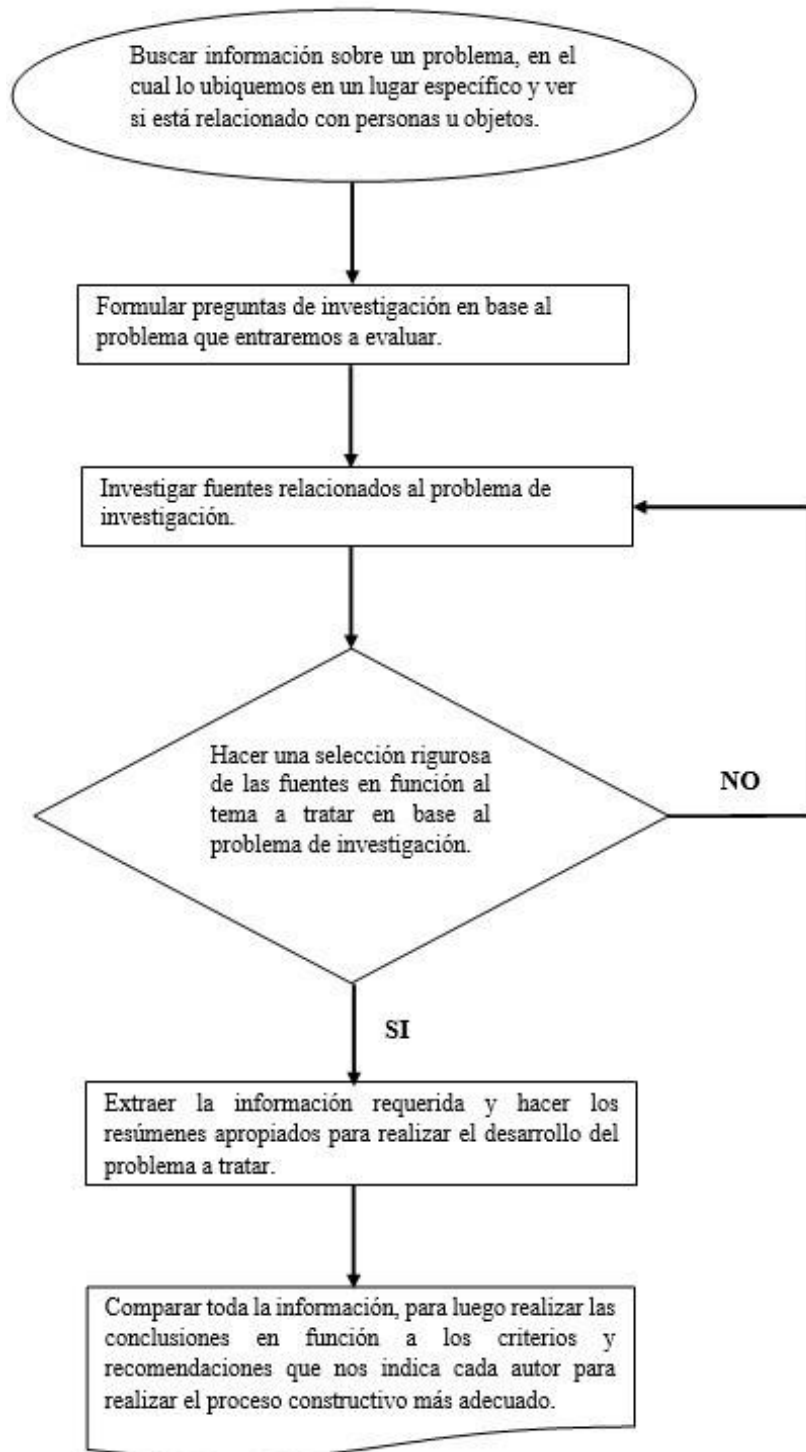
Fuente: 20 minutos

Debido a estos acontecimientos, en el Perú se observó que todavía existen construcciones de un sistema tradicional, con un material de poca resistencia ante un movimiento sísmico severo. El 35% de casas a nivel nacional son de adobe (INEI 2008). El adobe tradicional, no es recomendable para la edificación de una vivienda sin ningún tipo de refuerzo, debido a su alta vulnerabilidad sísmica. En consecuencia, esto trae desastres catastróficos como ya se han desarrollado en acontecimientos anteriores.

Bajo esta necesidad, se propone desarrollar una recopilación de criterios y recomendaciones de procesos constructivos para la mejora de la capacidad sismorresistente de una edificación de adobe en la zona rural del Perú. Además, buscaremos poder ayudar a brindar un aporte técnico básico para que las personas en general puedan optar alguno de estos criterios; y esto gracias a que en este artículo se lograron recopilar los procesos constructivos recomendados por investigadores especialistas en el tema de adobe, los que pueden ser aplicados en las construcciones actuales.

## **2. Metodología**

La metodología empleada para esta investigación ha sido una comparación de las diferentes fuentes enfocadas a este problema que se ha tomado de la vida real, ya que todas las investigaciones de los diferentes autores se encuentran de una u otra manera idealizadas en un solo objetivo, para lo cual se busca recopilar toda esta información y desarrollarla en este artículo de revisión, logrando un enfoque entendible, con la finalidad de poder tener una visión clara de los procesos constructivos adecuados para poder lograr una respuesta sismorresistente, evitando pérdidas humanas y económicas.



Pregunta de investigación:

¿El refuerzo de geomallas ayuda en la sismorresistencia de un muro de albañilería de adobe?

¿Cómo mejorar las propiedades mecánicas de una unidad de adobe?

¿El adobe no reforzado puede soportar sismos no severos?

### 3. Desarrollo

La adecuada búsqueda de información acerca del tema hasta conseguir un total de 30 referencias bibliográficas y además permitió realizar una estructura de datos y una posterior organización de las fuentes.

El principal material para la elaboración del adobe es la tierra. Por eso, es de fácil acceso para las personas y son preferidas por su alta resistencia térmica ante situaciones de frío o calor y su capacidad para aislar las ondas sonoras. La tierra es un material adecuado para resistir esfuerzos de compresión, mas no resistir esfuerzos de tracción, por lo tanto, esto lo vuelve vulnerable a efectos sísmicos. Para que una edificación pueda adquirir una capacidad sismorresistente, debe ser reforzada. Estos refuerzos deben ser continuos en todos los muros, en ambas caras y cubierto por un mortero para ser protegidos del medio ambiente. En consecuencia, los refuerzos ayudan a contrarrestar los efectos sísmicos, ya que las ondas sísmicas pueden venir en cualquier dirección.

A continuación, se presenta un diagrama representando los diferentes reforzamientos que se pueden desarrollar tanto en el muro y la unidad de albañilería del adobe.



**Figura 1:** Fuente propia a la cantidad de estudio.



### 3.1 Criterios para el reforzamiento del muro

A continuación, en la figura se observará la cantidad de métodos que usan los diferentes autores para reforzar el muro de adobe.



Figura 2: Fuente propia a la cantidad de estudio

#### 3.1.1 Adobe con malla electrosoldada

Según estudios realizados la malla electrosoldada es un elemento que asume el trabajo de representar las columnas y vigas en los muros, el objetivo de este elemento fue no dejar que los muros tengan una separación debido a las fuerzas de sismo. Para Chuquimia y otros (2009), la propuesta para su proyecto fue colocar malla electrosoldada al adobe con un revestimiento de mortero, además de incorporar un cimiento ciclópeo, con sobrecimiento armado (vigas de cimentación) y viga solera amarrada mediante dientes de concreto al muro de adobe. Para Huamán (2018), utilizó el mismo sistema indicando la malla electrosoldada genera las mismas ventajas que las vigas y columnas. Reyes (2016), indicó que este sistema de refuerzo sirve para los esfuerzos de tracción, pero que se tiene que colocar una viga collar encima de los muros. Estos autores se basaron en los datos cuantitativos que presentaron San Bartolomé y Quiun como ejemplo el desplazamiento que resultó 100 mm.

### 3.1.2 Adobe con geomalla

La geomalla es un material sintético que se ensayó para verificar si cumple con la normativa E.080. Peralta (2009), analizó que este sistema es apropiado para las solicitaciones sísmicas requeridas por la norma. Además, indicó que al adobe reforzado se debería incluir un tarrajeo de cemento y arena, ya que este material proporciona el doble de resistencia que el barro, por ello concluye que los muros con refuerzo de geomalla tienen que ser cubiertos por el mortero ya que el primer agrietamiento se observó que es del tarrajeo, por otra parte, el desplazamiento trabajado fue de 50 mm como máximo. Para Bossio (2010), también concluyó en lo mismo que este sistema era el adecuado; dado que, su desplazamiento resultó 130 mm como máximo. Ojeda (2012), analizó en función a estudios previos de San Bartolomé y Quiun y su resultado en el desplazamiento salió 100 mm, además concluye que un muro de adobe reforzado debe estar con un revestimiento ya que esto implica mayor rigidez y menor ductibilidad. Torres (2016), realizó su ensayo en base a la elaboración de fibras naturales de henequén, que es extraída de la planta de agave *Fourcroyde*, con este material se realizó ensayos para que cumpla con la normativa y como resultado se observó que es un elemento que responde a los esfuerzos por corte hasta el rango elástico y también a esfuerzos de tracción.

Quispe y otros (2012), compararon 2 alternativas existentes, lo cual eran la geomalla y la malla electrosoldada, pasando al seleccionamiento de la mejor propuesta técnica, para ello se han realizado una serie de análisis sísmicos, en donde la geomalla fue la mejor alternativa, ya que tenía varios factores a favor, una de ellas era la ductilidad, en cambio la malla electrosoldada tenía mayor énfasis en su rigidez. Así mismo concluyó que para elegir una alternativa mejor no solo se debe enfocar en la parte técnica, sino que también se debe determinar por el conjunto de factores sociales y tecnológicos, para que sea viable la propuesta.

Arce y otros (2014), desarrollaron su estudio en la naturaleza del suelo para la producción del adobe, adicionando a la estructura un refuerzo de geomalla para evitar el colapso de cualquier evento sísmico. Los autores concluyeron, que utilizando la geomalla disminuye la debilidad de edificación para un evento de magnitud moderada, dado que el muro pueda generar una capacidad de deformación inelástica formando grietas, por esa razón, el refuerzo con geomalla evita el colapso de la edificación. Solís y otros (2015), analizaron el reforzamiento del muro de adobe con geomalla respecto a la resistencia de tracción. Observaron que el uso de geomalla era un elemento adecuado para la protección del adobe tradicional. Esto fue debido a que incrementa la resistencia a la tracción y su ductibilidad

Rubiños (2009), indicó que se debería evitar construcciones de adobe no reforzado en áreas que tiene movimientos sísmicos registrados, lo cual este proyecto en que se desarrolló la concientización de una población de rural en la que está acostumbrada a realizar construcciones de este tipo sin ninguna orientación se les hace difícil poder cambiar su costumbre, pero en vista de los últimos acontecimientos con el terremoto del año 2007 donde el epicentro fue en Pisco departamento de Ica, se realizó un proyecto en el cual se reforzó las construcciones con geomalla, que dio buenos resultados y también tratando de concientizar a la población, ya que son vidas humanas las que se pueden ver afectadas ante un desate tan catastrófico.

Blondet y otros (2011), desarrollaron un estudio de tierra armada con refuerzo natural o artificial, para poder mejorar el comportamiento ante efectos sísmicos. Así mismo hace ensayos con diferentes materiales de refuerzo, tales como geomallas, mallas de plástico económica, mallas electro soldadas; cada uno de estas cubiertas de mortero. Por otro lado, también hace estudios sobre reconstrucción de casas de adobe en estado crítico, proponiendo el sistema de reforzamiento con los mismos materiales mencionados. Concluyen que para salvaguardar la vida de las personas y minimizar el daño en las casas de adobe, se tiene que utilizar la tierra armada, con refuerzo estructural, y tener en cuenta la geometría de los encuentros de muros, vanos y espaciamientos arquitectónicos para lograr una simetría adecuada y evitar excentricidades dentro de la estructura.

Blondet y otros (2013), observaron que el adobe sin refuerzo es vulnerable ante el movimiento sísmico, dado que es un sistema de construcción simple, lo cual este material no tiene ningún tipo de estabilizador o protección para un movimiento sísmico. Llegaron a concluir que podría ocasionar el colapso o severos daños estructurales, causando la pérdida de vidas humanas.

### **3.1.3 Adobe con confinamiento de refuerzo**

Delgado (2006), se enfocó en el territorio del Perú, ya que es un país que forma parte del cinturón de fuego, este proyecto se basó en el estudio experimental de un análisis sísmico de un adobe confinado de 2 pisos, como también hizo un estudio del refuerzo horizontal para ver si es efectivo ante acciones perpendiculares y coplanares al plano del muro para dar una ductilidad adecuada. Obtuvo desplazamientos laterales de 58 mm. En estos casos, ningún adobe se trituró y las fisuras presentadas fueron finas. Torres (2012), ensayó en 2 muros de adobe con columnas de confinamiento y vigas soleras de 2 aceros longitudinales de  $\frac{1}{4}$ ", estribos de alambre N° 8 y concreto  $f'c=100$  kg/cm<sup>2</sup>, también se implementó una viga de cimentación de concreto armado, con  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>; la diferencia entre estos 2 muros fue la colocación de refuerzo horizontal en cada 5 hiladas. Se obtuvo como resultado un incremento en la respuesta a los esfuerzos cortantes y mejora en el arriostre de los muros, además el desplazamiento fue 0.28 mm.

Orta y otros (2009), desarrollaron la adaptación de un sistema integral de albañilería (SAI) para el adobe que como prototipo fue desarrollado en Europa, inicialmente se tomaron los conceptos adecuados para desarrollarlo en Perú, lo cual consistió en un cruce de elementos estructurales con barras de acero longitudinales y transversales en zig-zag, elaborado independientemente en forma de cerchas y pintados con un material galvanizado para evitar su deterioro, lo cual después pasaría al recubrimiento de esta estructura con el adobe. Según los resultados analizados este tipo de refuerzo en el adobe indica que el prototipo se llega a agrietar con un desplazamiento mayor que se le aplicó de 130 mm, sin perder su estabilidad. En conclusión, los autores indicaron que este tipo de refuerzo cumple con los requerimientos sísmicos en el simulador y que se comporta bien ante una sollicitación dinámica, lo cual permanece estable, pero se agrieta significativamente, dado que se puede reparar y seguir la manteniendo la edificación para siguientes eventos sísmicos.

#### **3.1.4 Adobe con malla de cuerdas**

Valle (2019), enfocó su investigación en las viviendas de 2 niveles, ya que con investigaciones pasadas se pudo observar un comportamiento muy bueno en edificaciones de un nivel reforzados con malla de cuerdas, con esta investigación se pretende evaluar el comportamiento y respuesta estructural en viviendas de 2 niveles con refuerzo de malla de cuerdas. El desplazamiento que resultó del muro fue un máximo de 10 mm y el análisis desarrollado en el ensayo a la compresión fue de 57 KN como máximo. Sosa y otros (2014), ensayó muros de adobe agrietados, debido a esto incorporó lechada de lodo en las grietas, adicionalmente lo reforzó con una malla de cuerdas sintéticas, teniendo como resultado la mantención de la integridad de la estructura, evito la rigidez excesiva, evito la degradación de la resistencia y mantuvo un control sobre los desplazamientos laterales. Se ensayó con desplazamientos de 60 mm. Sarmiento (2016), desarrolló la búsqueda de un sistema de refuerzo para el adobe, en donde el análisis para el refuerzo con malla de cuerdas salió su máximo desplazamiento de 0.6 mm, lo cual hace mención que el uso de un refuerzo para el adobe reduce las probabilidades de que el adobe en su desprendimiento ocasione daños críticos, además de que busca que este tipo de material tenga mayor ductilidad en su diseño.

#### **3.1.5 Adobe con Eucalipto**

Salinas (2017), su investigación fue desarrollada en base al estudio de suelos y a la aplicación de refuerzo a la madera de eucalipto, ya que es un material que es de abundancia en la zona de la sierra, en el cual se observó las características de la resistencia y ductilidad que requiere la mampostería al ser reforzada con este material. El autor concluyó que el

refuerzo confeccionado de madera principalmente en vigas soleras superiores, mejoran el comportamiento sísmico de la vivienda, lo cual es necesario obtener la ductilidad para cada elemento estructural, ya que se espera incursiones instantáneas para el rango inelástico. Entonces, es necesario garantizar la seguridad ante un colapso mediante el refuerzo.

Velarde (2014), tomó como objeto de estudio las viviendas de 2 niveles existentes en la zona rural de Lima, exactamente en Canta, la finalidad fue diagnosticar el estado actual y plantear soluciones para la estabilidad sísmica. Se llegó a la conclusión de que para evitar fracturas en los muros de adobe y evitar su colapso, se tiene 2 soluciones, la primera solución es implementar unas chavetas de eucalipto que amarren los muros en la parte superior, con el muro paralelo a ese, ya que se necesita un diafragma rígido para evitar la separación de muros e inestabilidad, para un posible colapso; la segunda solución planteada es colocar geomallas como zunchos alrededor de la vivienda, esto también ayuda a mantener unidas los muros y evitar el colapso por esfuerzos de tracción. Finalmente se pudo observar que el gran grosor de muros y la poca distancia de luz, sumado a una de las soluciones planteadas, pueden ayudar a la resistencia de sismos severos.

### 3.2 Criterios para reforzar la unidad de albañilería

A continuación, en la figura se observará la cantidad de diferentes autores que utilizan un criterio para reforzar el muro de adobe.

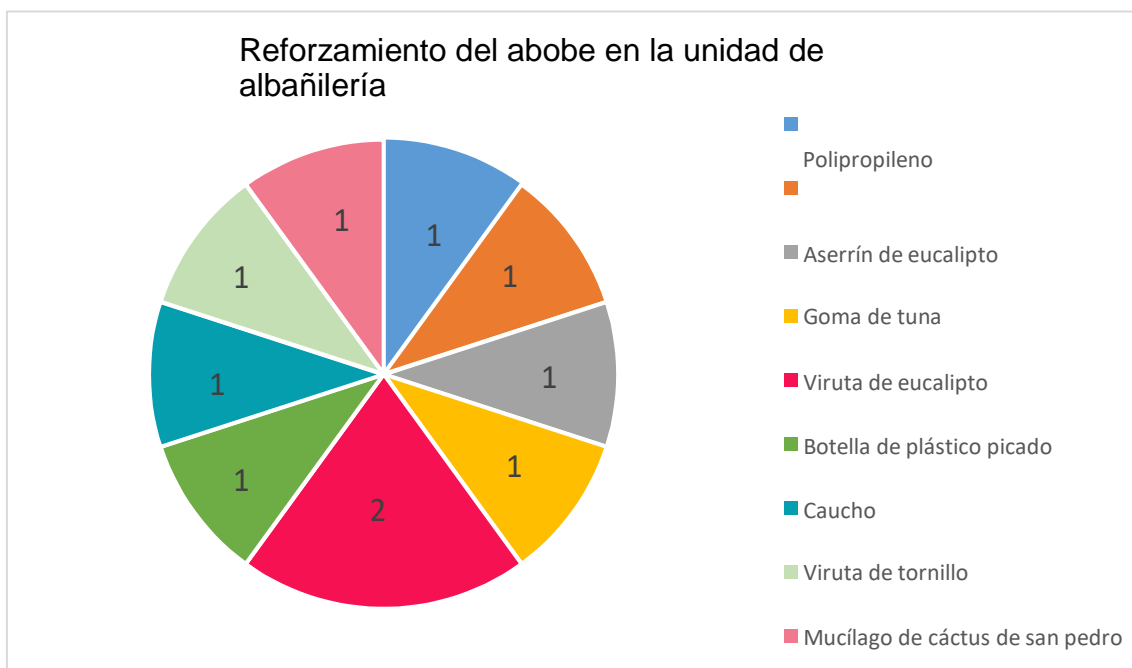


Figura 3: Fuente propia en función a la cantidad de estudio

En el estudio que realizó en su tesis Alfaro (2019), buscó estabilizar el adobe en sus propiedades físicas y mecánicas, y observó que, agregando fibras sintéticas de polipropileno en el adobe, incrementó su porcentaje a la resistencia de compresión, dando como resultado 24.32 kg/cm<sup>2</sup>. Este estudio se realizó en la región de Huancayo, lo cual el autor buscó reforzar el adobe en relación al peso del suelo seco con un porcentaje del 0.50% para obtener una buena resistencia, el tiempo de secado del material fue de 28 días.

Por otra parte, en la tesis de Díaz y otros (2019), agregaron el mucílago de cactus de san pedro al adobe tradicional que aumentó su resistencia a la compresión. Este estudio, lo realizaron con el fin de poder ayudar a la parte de la sierra peruana, ya que en esa zona existen construcciones de adobe. Además, buscaron un material que es accesible, debido a su plantación que se encuentra en la sierra del Perú. El resultado del incremento de su resistencia a la compresión fue de 10.87 kg/cm<sup>2</sup>. Este estudio se realizó en la región de Chiclayo, lo cual el autor buscó reforzar el adobe en relación al peso del suelo seco con un porcentaje del 12% para obtener una buena resistencia, el tiempo de secado del material fue de 28 días.

Para la tesis de Chávez y otros (2019), estos autores tuvieron como objetivo adicionar al adobe tradicional un componente que le pueda servir para resistir la fuerza de compresión. Para ellos, su fuente de investigación fueron las botellas de plástico picado, en donde observaron que el resultado de agregar este componente les sirvió porque su resistencia a la compresión resultó de 27.29 kg/cm<sup>2</sup>. Este estudio se realizó en la región del Cusco, lo cual el autor buscó reforzar el adobe en relación al peso del suelo seco con un porcentaje del 5% para obtener una buena resistencia, el tiempo de secado del material fue de 28 días.

Otra investigación que se realizó agregando al adobe un estabilizador fue el confitillo, pero su resultado no fue lo que se esperó del autor ya que su resistencia a compresión fue 6.89 kg/cm<sup>2</sup>. En donde concluyó que el confitillo no es un material que se adapte muy fácilmente al adobe, debido a su forma geométrica del material, ya que esto ocasiona vacíos en el interior de adobe produciendo la menor resistencia. Lozano y otros (2019). Este estudio se realizó en la región de Cajamarca, lo cual el autor buscó reforzar el adobe en relación al peso del suelo seco con un porcentaje del 30% para obtener una buena resistencia, en donde en este caso el resultado no fue bueno, ya que la resistencia salió menor que lo estipulado por la norma E.080. El tiempo de secado del material fue de 28 días.

No tener un refuerzo para el adobe tradicional, garantiza una mayor vulnerabilidad ante un movimiento sísmico, por ello se buscó tener una consistencia en sus propiedades mecánicas para que el material no sea débil y no se pueda desprender de su posición. Para ello, Carhuanambo (2016), adicionó al adobe viruta de Eucalipto hallando una resistencia de compresión de 30.94 kg/cm<sup>2</sup>. Márquez (2018), aportó en su estudio que la resistencia a la compresión con viruta de

Eucalipto era efectiva, ya que tuvo como resultado 50.77 kg/cm<sup>2</sup>. Estos estudios se realizaron en las regiones de Cajamarca y Chíncha respectivamente, lo cual los autores buscaron reforzar el adobe en relación al peso del suelo seco con un porcentaje del 4.5% para obtener una buena resistencia, el tiempo de secado del material fue de 28 días para ambas situaciones. Para Mantilla (2018) su resultado del análisis que realizó con la viruta de madera tornillo fue 30.25 kg/cm<sup>2</sup>. Este estudio se realizó en la región de Cajamarca, lo cual el autor buscó reforzar el adobe en relación al peso del suelo seco con un porcentaje del 3% para obtener una buena resistencia y el tiempo de secado del material fue de 60 días.

Mantilla (2018), buscó la manera de que el adobe sea más estable adicionando caucho, ya que este material se encuentra en distintas partes del Perú. Además, con esto ayuda al reciclaje del caucho que ya no sirve de los medios de transporte, cuidando el medio ambiente. El resultado de su análisis a la resistencia de compresión del adobe estabilizado con caucho fue de 27.57 kg/cm<sup>2</sup>. Este estudio se realizó en la región de Cajamarca, lo cual el autor buscó reforzar el adobe en relación al peso del suelo seco con un porcentaje del 2% para obtener una buena resistencia, el tiempo de secado del material fue de 60 días.

En la tesis de Carhuanambo (2016), desarrolló una manera de poder estabilizar el adobe utilizando aserrín de eucalipto, dado que es un material que abunda en todo el Perú, buscó la manera de poder mezclar estos dos materiales para poder así tener una mayor resistencia a la compresión, lo cual logró como resultado 21.01 kg/cm<sup>2</sup>. Este estudio se realizó en la región de Cajamarca, lo cual el autor buscó reforzar el adobe en relación al peso del suelo seco con un porcentaje del 4.5% para obtener una buena resistencia, el tiempo de secado del material fue de 28 días.

El autor buscó una forma de poder estabilizar al adobe en sus propiedades mecánicas, lo cual en su investigación que realizó al adobe le agregó goma de penca de tuna. Este adicional que le mezcló al adobe en sus resultados obtuvo como máximo 25.56 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión. Bolaños (2016), utilizó este agregado, porque es abundante en la zona de la sierra peruana, debido a que en ese territorio es donde se encuentran las mayores construcciones de adobe tradicional. Este estudio se realizó en la región de Cajamarca, lo cual el autor buscó reforzar el adobe en relación al peso del suelo seco con un porcentaje del 15% para obtener una buena resistencia, el tiempo de secado del material fue de 28 días.

A continuación, se observará un cuadro resumen de los autores que trabajan al adobe adicionando un componente que aumenta sus propiedades mecánicas con un porcentaje respecto al peso del suelo seco y también sus días de secado para realizar el ensayo a compresión.

Autor	Tipo de adición	Resistencia a la compresión	Región de estudio	Porcentaje del aditivo en relación al peso del suelo seco	Días de secado del adobe para realizar el ensayo a compresión
Alfaro (2019)	Polipropileno	24.32 kg/cm <sup>2</sup>	Huancayo	0.50%	28
Díaz y otros (2019)	Mucílago de cactus de San Pedro	10.87 kg/cm <sup>2</sup>	Chiclayo	12%	28
Chávez y otros (2019)	Botella de plástico picado	16.59 kg/cm <sup>2</sup>	Cusco	5%	28
Lozano y otros (2019)	Confitillo	6.89 kg/cm <sup>2</sup>	Cajamarca	30%	28
Carhuanambo (2016)	Viruta de eucalipto	30.94 kg/cm <sup>2</sup>	Cajamarca	4.5%	28
Mantilla (2018)	Viruta de madera tornillo	30.25 kg/cm <sup>2</sup>	Cajamarca	3%	60
Márquez (2018)	Viruta de eucalipto	50.77 kg/cm <sup>2</sup>	Chincha	4.5%	28
Mantilla (2018)	Caucho	27.57 kg/cm <sup>2</sup>	Cajamarca	2%	60



Carhuanam bo (2016)	Aserrín de eucalipto	21.05 kg/cm <sup>2</sup>	Cajamarc a	4.5%	28
Bolaño s (2016)	Goma de tuna	25.56 kg/cm <sup>2</sup>	Cajamarc a	15%	28

Estos datos fueron comparados según la norma E.080 Adobe, el cual indica un mínimo de  $f'c=10.2 \text{ kg/cm}^2$ .

#### 4. **Recomendaciones**

- Debido al ancho de los muros de adobe, esta estructura es muy pesada. Esto podría generar asentamientos diferenciales, generando fracturas en los muros. Por ello, es recomendable la implementación de una viga de cimentación.
- Para incrementar la respuesta a los movimientos sísmicos, es recomendable añadir acero de refuerzo de  $\emptyset 1/4"$ , a cada 5 hiladas del muro de adobe.
- Para mejorar la estabilidad del adobe en los muros, se recomienda usar arriostres a cada 4m de muro como máximo.
- La mejor manera para elegir el material adecuado para elaborar el adobe es mediante la siguiente técnica, esto consiste en hacer 5 o 6 bolitas de mezcla de tierra y agua de 2 cm de diámetro. Luego, al secarse tratar de romperla con 2 dedos de una mano, si logra romperse esta tierra no sirve para preparar el adobe, pero si logra resistir y no quebrarse, es el material adecuado.

## **5. Conclusiones**

- Se concluye que el material más usado es la geomalla respecto a muros de adobe.
- Del estudio que se ha realizado, la forma de mejorar los esfuerzos de compresión del adobe es agregando viruta de eucalipto a la mezcla, teniendo como resultado 50.77 kg/cm<sup>2</sup>.
- De los estudios realizados se concluye que el material confitillo no es un buen elemento para poder reforzar el adobe en sus propiedades mecánicas, dado que su resultado salió en menor cantidad que lo indicado por la norma E.080.
- Evitar la construcción de viviendas de adobe sin ningún tipo de refuerzo, ya que este material tiene poca incursión en el rango elástico, siendo carente de resistencia a la tracción.
- Se puede agregar rigidez al adobe en un muro con la incorporación de malla electrosoldada y/o madera de eucalipto como un tipo de refuerzo. Esta combinación resiste esfuerzos cortantes provenientes de los sismos.
- Se puede concluir que el artículo servirá como fuente de consulta para futuras investigaciones que quieran ver el funcionamiento y desempeño sismorresistente del adobe, por lo cual este artículo servirá de empleo para nuevas investigaciones para el campo de la ingeniería sismorresistente y el campo de materiales de construcción.

## **6. Referencias bibliográficas**

- ALFARO CARHUAMACA, C. S. (2019). Adobe estabilizado mediante el empleo de fibras de sintéticas de propileno, Tunamarca-Jauja. Obtenido de Universidad Nacional del Centro del Perú:  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5553>
- ARCE CÁRDENAS, R., & ARODRIGUEZ YUPANQUI, V. R. (2014). Propuesta del adobe reforzado con geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares de un piso en el pueblo joven Yanama-Ayacucho. Obtenido de Universidad Nacional de Huancavelica:  
<http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/237/TP%20%20UNH%20CIVIL%200021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- BLONDET, M., GRACÍA M., G. V., & BRZEV, S. (2003). Construcciones de adobe resistentes a los terremotos: Tutor. Obtenido de Enciclopedia Mundial de vivienda del EERI/IAEE: [http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe\\_Tutorial\\_Spanish\\_Blondet.pdf](http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe_Tutorial_Spanish_Blondet.pdf)
- BLONDET, M., VARGAS, J., TARQUE, N., & IWAKI, C. (2011). Construcción simorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de Informes de la construcción: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/1251/1336>
- BOLAÑOS RODRÍGUEZ, J. (2016). Resistencia a compresión, flexión y aborsoción del adobe compactado con adición de goma de tuna . Obtenido de Universidad Privada del Norte: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10482/Bola%C3%B1os%20Rodr%C3%ADguez%20Juan.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BOSSIO IBÁÑEZ, S. E. (2010). Evaluación del comportamiento sísmico e influencia de la dirección del movimiento en módulos de adobe reforzado con geomalla. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/503>
- CARHUANAMBO VILLANUEVA, J. T. (2016). Propiedades físicas y mecánicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín, Cajamarca 2016. Obtenido de Universidad Privada del Norte: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/7328>
- CHAVEZ PARAEJA, W. Y., & QUISPE TARACAYA, J. L. (2019). Evaluación del comportamiento Físico Mecánico de la unidad de albañilería de abobe con adición de botellas de plástico picado en la ciudad del Cusco. Obtenido de Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco: [http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/4300/253T20190379\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/4300/253T20190379_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- CHUQUIMIA, E., HAIDER, J., & QUIUN, D. (s.f.). Construcción simorresistente de adobe: una alternativa para edificaciones públicas. Obtenido de Academy: [https://www.academia.edu/8808807/Construcci%C3%B3n\\_sismo\\_resistente\\_en\\_adobe\\_una\\_alternativa\\_para\\_edificaciones\\_p%C3%ABlicas](https://www.academia.edu/8808807/Construcci%C3%B3n_sismo_resistente_en_adobe_una_alternativa_para_edificaciones_p%C3%ABlicas)
- DELGADO SALVADOR CANALES, E. F. (2006). Comportamiento sísmico de un módulo de adobe de dos pisos con refuerzo horizontal y confinamientos de concreto armado. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú:

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/145/DE  
LGADO\\_  
ERICKA\\_COMPORTAMIENTO\\_SISMICO\\_MODULO\\_ADOBE\\_DOS\\_PIS  
OS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/145/DE<br/>LGADO_<br/>ERICKA_COMPORTAMIENTO_SISMICO_MODULO_ADOBE_DOS_PIS<br/>OS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

DÍAZ RAMÍREZ, C. D., & PUYEN LAMAS, V. E. (2019). Evaluación de la resistencia del adobe estabilizado a la acción del agua adicionado jabonato de alumbre o mucílago de cactus de san pedro. Obtenido de Repositorio Dspace: <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/1802>

HUAMÁN CARBAJAL, J. P. (2018). Evaluación del comportamiento sísmico de viviendas rurales de material rústico con reforzamiento estructural de mallas metálicas. Obtenido de Universidad Peruana Los Andes: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/1039>

LOZANO QUISPE, J., & ZURITA HERRERA, A. (2019). Resistencia a la comprensión y absorción del adobe estabilizado con confitillo. Obtenido de Universidad Nacional de Jaén: [http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/99/Lozano\\_QJ\\_Zurita\\_HA.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/99/Lozano_QJ_Zurita_HA.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

MANTILLA CALDERÓN, J. C. (2018). Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho. Obtenido de Universidad Nacional de Cajamarca: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1996>

MÁRQUEZ DOMINGUEZ, J. M. (2018). Estabilización del adobe con adición de viruta de Eucalipto. Obtenido de Universidad César Vallejo: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27153>

NIETO, L., & TELLO, E. (2019). Adobe estabilizado con mucílago de penca de Tuna, resistentes al contacto con el agua para la construcción de viviendas populares empleados en la sierra del Perú. Obtenido de Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/628256>

Norma E.080 diseño y construcción de tierra reforzada. (2017). Obtenido de Sencico: <https://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>

OJEDA SIMBORTH, S. F. (2012). Evaluación del comportamiento estructural de módulos de adobe durante ensayos de simulación sísmica. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9112/OJEDA\\_SILVANA\\_COMPORTAMIENTO\\_ESTRUCTURAL\\_ADOBE\\_SIMULACION\\_SISMICA%20%281%29.pdf?sequence=6&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9112/OJEDA_SILVANA_COMPORTAMIENTO_ESTRUCTURAL_ADOBE_SIMULACION_SISMICA%20%281%29.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

- ORTA, B., ADELL, M., BUSTAMANTE, R., GARCÍA, A., & VEGA, S. (2009). Ensayo de Lima (Perú) de edificios de adobe sismorresistente construido con el sistema de albañilería integral. Obtenido de Informes de la Construcción:  
<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/785>
- PERALTA ROSAS, G. F. (s.f.). Resistencia a flexión de muros de adobe reforzado con geomallas- influencia del tipo de tarrajeo. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú:  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/191/PERALTA\\_GONZALO\\_RESISTENCIA\\_FLEXION\\_MUROS\\_ADOBE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/191/PERALTA_GONZALO_RESISTENCIA_FLEXION_MUROS_ADOBE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- QUISPE ACOSTA, J. A., & RONDÓN DURÁN, S. M. (2012). Propuesta integral de reforzamiento para edificaciones de adobe. Aplicación al caso de un local escolar de adobe en la provincia de yauyos. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú:  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1492/QUISPE\\_JOSE\\_Y\\_RONDON\\_SILVANA\\_EDIFICACIONES\\_ADOBE\\_LOCAL\\_ESCOLAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1492/QUISPE_JOSE_Y_RONDON_SILVANA_EDIFICACIONES_ADOBE_LOCAL_ESCOLAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- REYES OBANDO, Y. R. (2016). Diseño en adobe de granja ecológica en Cusco. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú :  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6772>
- RUBIÑOS MONTENEGRO, Á. C. (2009). Propuesta de reconstrucción post-terremoto de vivienda de adobe reforzado. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú:  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/180/RUBIÑOS\\_ALVARO\\_PROPUESTA\\_RECONSTRUCCION\\_POST-TERREMOTO\\_VIVIENDAS\\_ADOBE\\_REFORZADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/180/RUBIÑOS_ALVARO_PROPUESTA_RECONSTRUCCION_POST-TERREMOTO_VIVIENDAS_ADOBE_REFORZADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- SALINAS VALDÉZ, E. J. (2017). Vivienda económica en adobe de 02 pisos. Obtenido de Universidad Nacional Federico Villarreal:  
<http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/1939/SALINAS%20VALDEZ%20ERICK%20JAVIER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SAMIEN TO HUAMÁN, J. C. (2016). Propuesta de método de diseño para reforzamiento sísmico de muros de adobe con una malla de cuerdas.

- Obtenido de Pontificia Católica del Perú:  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7016>
- SOLÍS, M., TORREALVA, D., SANTILLÁN, P., & MONTOYA, G. (2015). Análisis del comportamiento a flexión de muros de adobe reforzado con geomallas. Obtenido de Informes de la construcción:  
<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/4406/5075>
- SÓSA CÁRDENAS, C. A., & SOTO OBLEA, E. J. (2014). Reparación de muros de construcciones históricas de tierras mediante el sellado de fisuras y refuerzos estructurales adicionales. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú:  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5580/SOSA\\_CARLOS\\_MUROS\\_CONSTRUCCIONES\\_TIERRA\\_SELLADO\\_FISURAS\\_REFUERZOS\\_ESTRUCTURALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5580/SOSA_CARLOS_MUROS_CONSTRUCCIONES_TIERRA_SELLADO_FISURAS_REFUERZOS_ESTRUCTURALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- TORRES AGÜERO, R. V. (2016). Las fibras naturales como refuerzo sísmico en la edificación de viviendas de adobe en la costa del departamento de Ica. Obtenido de Universidad Nacional Agraria Molina:  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2486/N10-T6-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- TORRES RAMIREZ, A. G. (2012). Comportamiento sísmico del adobe confinado. Variable refuerzo horizontal. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú:  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1252/TORRES\\_RAMIREZ\\_ANTONIO\\_ADOBE\\_REFUERZO\\_HORIZONTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1252/TORRES_RAMIREZ_ANTONIO_ADOBE_REFUERZO_HORIZONTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- VALLE CASTRO, A. P. (2019). Evaluación experimental de comportamiento de muros de adobe reforzado con cuerdas sometidos a carga lateral cíclica. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú:  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14632/VALLE\\_CASTRO\\_ANGELY\\_PAOLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14632/VALLE_CASTRO_ANGELY_PAOLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- VELARDE ABUGATTAS, G. K. (2014). Análisis de vulnerabilidad sísmica de vivienda de dos pisos de adobe existente en Lima. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú:  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5541/VELARDE\\_GUILLERMO\\_VULNERABILIDAD\\_SISMICA\\_VIVIENDAS\\_PISOS\\_ADOBE\\_LIMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5541/VELARDE_GUILLERMO_VULNERABILIDAD_SISMICA_VIVIENDAS_PISOS_ADOBE_LIMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)