

# RECOMENDACIÓN DE PARÁMETROS ESTRUCTURALES PARA EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE ADOBE

Bertha Yolanda Solís Villagrán<sup>1</sup>, Mario Rodolfo Corzo Ávila<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería USAC, Guatemala, [titasolis19@gmail.com](mailto:titasolis19@gmail.com)

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería y Sección de Estructuras del Cii, Guatemala, [sabandijaretorcida@yahoo.mx](mailto:sabandijaretorcida@yahoo.mx)

**Palabras clave:** exógeno, endógeno, diafragma, esbeltez, densidad de muros

## Resumen

La problemática en la obra civil se hace evidente con una alta demanda de vivienda y con baja eficiencia en sus sistemas constructivos desde la calidad de los materiales, malos procedimientos de construcción, usos inadecuados de las estructuras, hasta las condiciones desfavorables de los suelos que sustentan a las estructuras. El tener una concepción estructural adecuada de las viviendas de adobe en base a reglamentos, observación y experiencia en campo es importante en la obra civil, donde se puede argumentar la aplicación de las características endógenas y exógenas que abarcan desde la selección del sitio para cimentar la estructura, su configuración estructural en planta y elevación, siendo recomendable que sea simétrica y regular, hasta sus límites mínimos de dimensionamiento en sus elementos estructurales y el diseño considerando el tipo de refuerzo que se debe emplear, el comportamiento de una estructura en su conjunto que depende del tipo de capacidad que tengan los elementos que la componen, pero también dependen en forma importante de la manera en que estos elementos como muros, diafragmas y cimentación se encuentran integrados y conectados para formar la estructura correcta en su conjunto, teniendo la capacidad de absorber la energía por la acción de un sismo o cualquier otra amenaza natural, todo lo anterior mencionado contribuye a que la vivienda de adobe diseñada sea económica, segura y eficiente.

## 1 INTRODUCCIÓN

El adobe como material de construcción tradicional, ha sido utilizado por el hombre para la construcción de monumentos, edificios, viviendas, pirámides, iglesias, entre otras estructuras, en varias partes del mundo, en diferentes climas y desde hace mucho tiempo, hasta la actualidad en construcciones bioclimáticas, por los problemas del cambio climático mundial.

Por lo tanto, las construcciones de las viviendas buscan en la actualidad la aplicación del desarrollo sostenible, es decir, que tengan un aporte social, económico y ecológico, donde el adobe cumple, siendo un material accesible, natural, que no genera grandes impactos negativos al ambiente.

Además, también se busca mejorar la eficiencia y seguridad estructural en las viviendas, en esta investigación se distinguen los parámetros estructurales en el diseño de una vivienda de adobe como unidad, sistema y conjunto mediante los criterios obtenidos de la interacción de reglamentos de construcción, experiencias de campo y observación para que ante las amenazas naturales como sismos tengan permanencia y estabilidad, sin sufrir daños o colapso.

## 2 OBJETIVO

Este trabajo propone aportar recomendaciones de criterios propios en la configuración estructural de las viviendas de adobe en base a experiencias de formación por la enseñanza y la práctica de campo, cumpliendo con reglamentos de construcción.

### 3 MARCO TEÓRICO

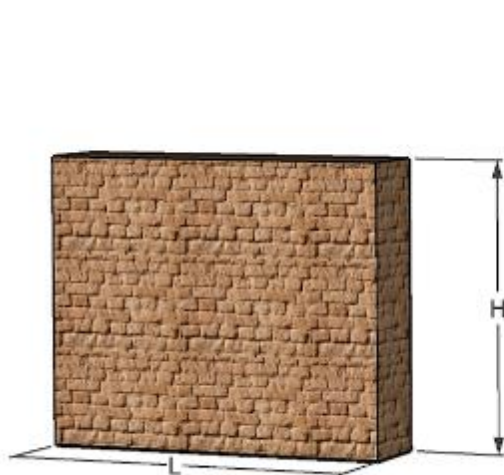
Según Bazán y Meli (2000, p.160), la capacidad que los muros deben tener para absorber los efectos por la acción de un sismo o cualquier tipo de amenaza en una estructura se logra por su rigidez y su resistencia ante distintos esfuerzos que puedan intervenir.

Bazán y Meli (2000) afirman que el comportamiento de los muros se puede fundamentar por la relación de su altura y su longitud y está definida por:

- Muros bajos, cuya relación entre altura y longitud es menor a uno ( $H/L < 1$ ), su comportamiento es esencialmente a corte, son capaces de soportar cargas laterales por su alta resistencia y rigidez, sin embargo, ante el dominio de los efectos a corte, tienden a ser frágiles. Para prevenir que el muro falle a cargas constantes es necesario que tenga un eficiente refuerzo horizontal.
- Muros esbeltos, cuya relación entre altura y longitud es mayor a uno ( $H/L > 1$ ), su comportamiento es esencialmente a flexión, la carga axial que influye en los muros es pequeña, para prevenir el pandeo y aplastamiento en la zona comprimida del muro, es necesario ponerle cuidado al refuerzo vertical del muro.

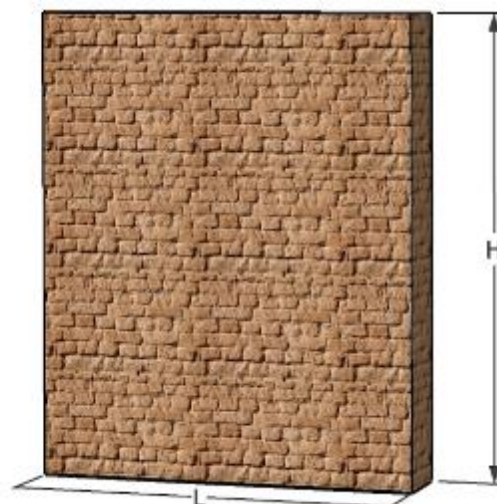
Es esencial realizar el chequeo por su relación alto y ancho de los muros, por su comportamiento ante un sismo y otras fuerzas.

Muro principalmente a corte



$$\frac{H}{L} < 1$$

Muro principalmente a flexión



$$\frac{H}{L} > 1$$

Figura 1. Comportamiento de muros altos o bajos en una estructura de adobe

Una vez que el Estado de Guatemala no cuenta con normativa que regule las construcciones de adobe, en esta investigación se hace referencia a la norma de Perú.

Los muros de tierra su configuración es definida por la norma E-80 (2017):

- Los muros de tierra deben ser anchos con el propósito que tengan mayor estabilidad y resistencia a la acción de volteo, el espesor del muro se recomienda que sea 40 cm.
- Los muros de tierra deben poseer arriostres, estos deben estar anclados al muro para que haya una transferencia de esfuerzos de forma eficiente, estos pueden ser:
  - a) arriostres verticales, que corresponden a muros transversales o contrafuertes, y tienen la función de limitar el desplazamiento ante esfuerzos de corte y flexión (figura 2). Pueden construirse hacia el exterior o interior de la vivienda y ser de forma recta o trapezoidal.

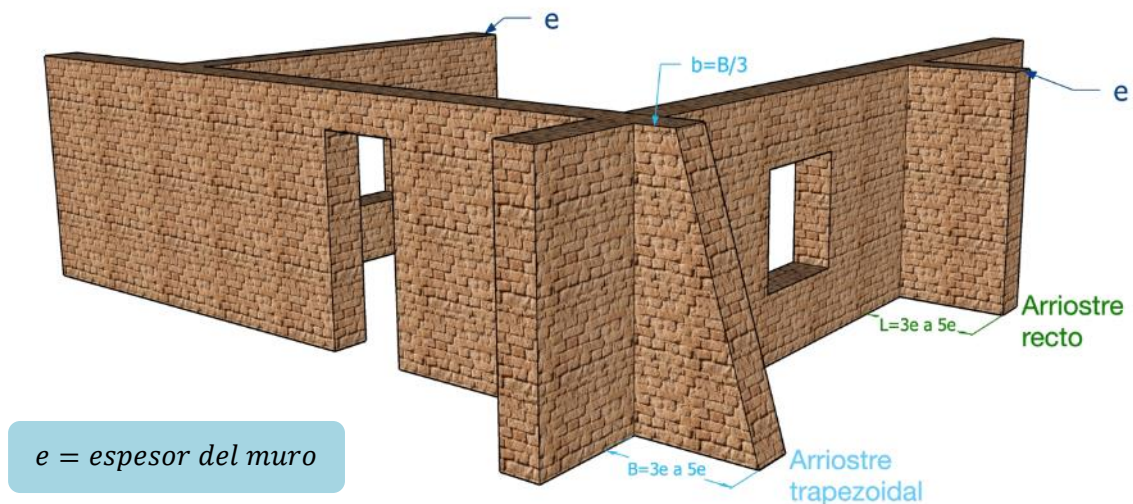


Figura 2. Función de los arriostres verticales como contrafuertes o muros transversales en una estructura de adobe

- b) arriostres horizontales que corresponde a un techo, entrepiso o viga collar, y tienen la función de limitar el desplazamiento lateral de los muros de tierra.

La viga collar se instala en la parte superior de todos los muros de adobe, se puede construir con un material compatible con la tierra, puede ser de madera, caña u otros.

El propósito de la viga collar es:

- Dar continuidad con los muros de arriestre o contrafuerte
- Los muros tengan la capacidad de trabajar en conjunto y transmitir resistencia a la acción del sismo.
- Aumentar la resistencia a esfuerzos de flexión.

En cuanto al armado de los muros de tierra, la mampostería debe tener refuerzo interiormente o de forma externa y considerar (E-80, 2017):

- Los muros y contrafuertes de las construcciones de tierra deben tener refuerzo.
- Se deben utilizar refuerzos en las dos direcciones, es decir, tanto horizontal como vertical de los muros, debido a que cuando se utilizan refuerzos en una sola dirección, no se logra controlar los desplazamientos y la estructura puede sufrir colapsos parciales.
- El refuerzo horizontal debe coincidir con los niveles inferior y superior de los vanos, aplica en cualquier caso que se pueda presentar.
- Los techos o entrepisos de las construcciones de tierra reforzada deben estar correctamente fijados al muro por medio de la viga collar.
- El refuerzo en las construcciones de tierra debe fijarse desde la base del sobrecimiento a la viga collar.

El refuerzo considerado en la construcción con tierra es el tipo vegetal, geomallas, dinteles y/o mallas de sogas sintéticas.

En las construcciones de tierra el refuerzo tipo vegetal, puede ser la caña de castilla, debe estar seca, ser de una sola pieza, recta, libre de cascara. Se coloca en dos direcciones de los muros.

#### **4 METODOLOGÍA ADOPTADA**

Se identifican los parámetros de la configuración estructural desde la planta y altura, hasta los límites de diseño en los elementos o componentes de una vivienda de adobe (muros, techos y cimientos) añadiendo su funcionalidad como sistema estructural, mediante un método de estudio descriptivo y de campo.

El estudio de campo consiste en varias visitas que se han realizado en lugares donde se encuentran viviendas construidas con adobes, como las en el Municipio en San Agustín Acasaguastlán en Guatemala.

#### **5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La vivienda se puede clasificar, según Corzo (2020), por las características exógenas y endógenas.

##### **5.1 Características exógenas de la vivienda**

Es lo relacionado a las características externas que tienen que ver con la actividad de la mampostería, en este caso la vivienda de adobe, se debe tener el cuidado de los siguientes puntos:

- a) Certeza de quien es el dueño de la propiedad
- b) Ubicación y localización, incluyendo los accesos a la vivienda
- d) Análisis socioeconómico
- e) Normativa, incluyendo las características y usos
- h) Comportamiento del clima y suelo
- i) Servicios básicos

##### **5.2 Características endógenas de la vivienda**

Es lo propio de la obra civil, en este caso particular, la vivienda de adobe, se recomienda considerar los siguientes puntos:

- a) la planificación, considerando parte del ciclo del proyecto, el análisis preliminar, la prefactibilidad y el diseño.
- b) los pasos de planificación, donde se define lo relativo a la distribución arquitectónica, lo mismo que hay que evaluar desde el punto de vista estructural, dar comienzo con las cargas a usar, su comportamiento, direccionalidad y efectos

Según Corzo (2020), como parte del diseño, la base fundamental del comportamiento estructural es, en base, a su rigidez y su inverso que es la deformación (deriva, desplazamiento, giro, rotación).

Otro punto importante en las condiciones endógenas son las propiedades de los materiales por su resistencia en el diseño de mampostería, se analiza como:

- a) Unidad: se refiere a los bloques individuales de tierra.
- b) Sistema: se refiere a un muro elaborado con bloques de tierra y mortero.
- c) Conjunto: se refiere a la conformación de la vivienda.

##### **5.3 Componentes o elementos de una vivienda**

Se resaltan las condiciones exógenas, donde las amenazas por sus efectos adversos pueden intervenir en el debilitamiento estructural independientemente del material utilizado para su

construcción, es fundamental, en el proceso constructivo de las viviendas, estudiar la selección del lugar (ubicación y localización):

- No se debe construir la vivienda cerca de zonas volcánicas propensas a erupciones debido a la expulsión de ceniza, lava y gases, puede ocasionar daños;
- En una vivienda se debe considerar el nivel de riesgo sísmico que posee el suelo;
- No construir la vivienda en zonas propensas a inundación, puede suceder por lluvias de gran intensidad y duración, o desbordamientos de ríos, canales, presas y otros cuerpos de agua;
- No construir la vivienda en zonas propensas a deslizamientos;
- No construir la vivienda en suelos de relleno sanitario, antiguos basurales, suelos granulares sueltos, suelos cohesivos blandos, suelos de arcillas expansivas, suelos de arenas sueltas, inclusive suelos que presenten cavernas.

### a) Configuración estructural en general

En cuanto a los elementos estructurales de las viviendas de adobe, Corzo (2020) fundamenta que se diseñan mediante las condiciones endógenas y exógenas con el propósito de que las viviendas sean eficientes, económicas y seguras; antes de mencionar a los elementos, las viviendas de adobe deben cumplir con las características de configuración estructural.

### b) Configuración estructural en planta

Se recomienda una planta para la vivienda de adobe simétrica y regular, prefiriendo la forma cuadrada; si fuera su forma rectangular, tener precaución que su relación lado largo  $L_2$  y lado corto  $L_1$  no sea mayor de 3, es decir ( $L_2/L_1 < 3$ ), para considerarla de forma regular (figura 3).

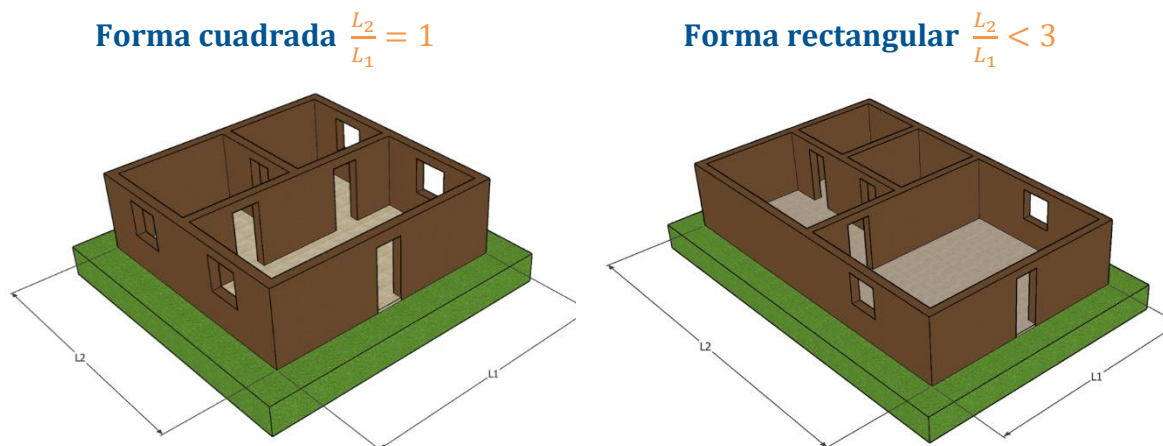


Figura 3. Configuración recomendable en planta para la vivienda de adobe (Corzo, 2020)

Es necesario evaluar la configuración en planta de una vivienda de adobe, desde la perspectiva si es irregular, evitando que las plantas tengan alas muy largas como se observa en la figura 4, pueden producir por la acción del sismo que las alas tengan movimientos contrarios, debilitando a las esquinas interiores, donde pueden causar daños permanentes por la alta vulnerabilidad en su configuración en planta.



Figura 4. Comportamiento muros y esquinas entrantes vulnerables por la concentración de esfuerzos

Es conveniente también analizar la excentricidad que puede suceder en las viviendas de adobe, siendo el desfase que puede existir entre el centro de masa y rigidez de la estructura, es decir, es la ruptura entre fuerzas actuantes y resistentes que actúan en la estructura, este comportamiento origina el efecto torsionante, influye en fallas o colapso de la vivienda (Corzo, 2020).

La excentricidad es significativa. Si el centro de masa y rigidez sus valores son distantes, la vivienda tiene un comportamiento inestable: si una fuerza es aplicada en una parte de la estructura, se genera un momento de torción en el centro de rigidez y esto hace que la vivienda gire con respecto al centro de rigidez, provocando el efecto de torsión.

$$M_{torsionante} = F_{sismo} \times e \quad (1)$$

donde:  $e$  excentricidad (m)

$M_{torsionante}$  momento torsionante por sismo (Nm)

$F_{sismo}$  fuerza de sismo (N)

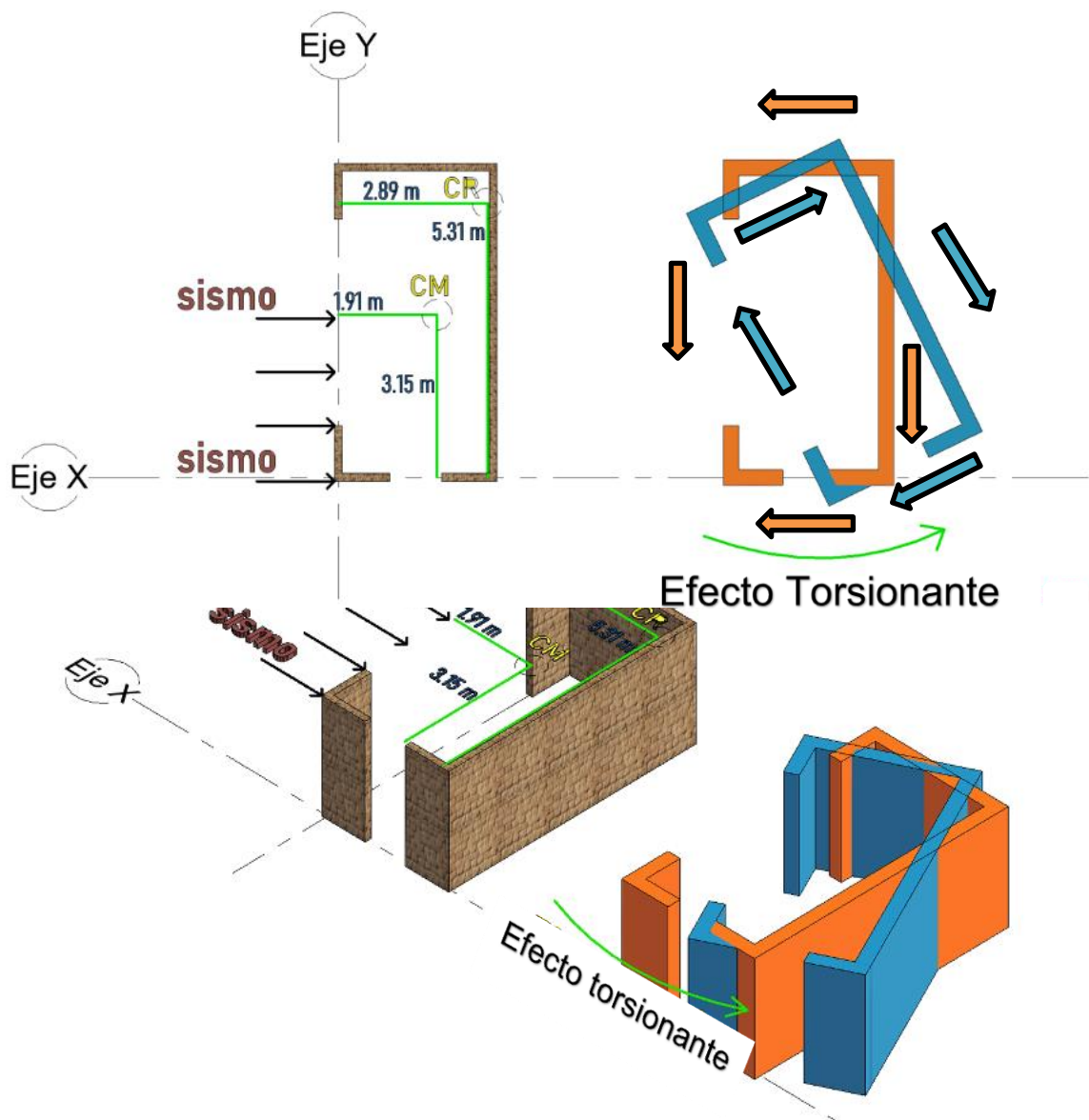


Figura 5. Comportamiento de excentricidad significativa (Corzo, 2020)

En general es fundamental que la vivienda tenga dos ejes paralelos principales en los dos sentidos, lo que mejora su respuesta ante las amenazas.

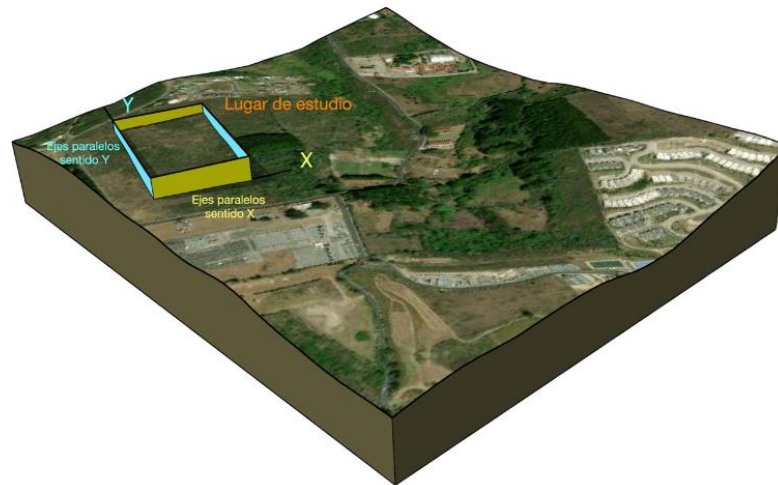


Figura 6. La necesidad de dos ejes paralelos en ambos sentidos en una vivienda (Corzo, 2020)

### c) Configuración estructural en altura

Se recomienda que la estructura en altura sea simétrica y regular, con el propósito de evitar que se generen puntos de esfuerzos que debiliten a la estructura. En función de la zona sísmica que se encuentre, la vivienda de adobe puede ser de uno o dos niveles, con una altura de 2.40 a 2.70 metros por nivel y, como máximo valor recomendado, su relación de esbeltez vertical sea 7. El peso entre niveles no debe sobrepasar el 20 % y debe existir una continuidad de muros.

### 5.4 Muros o paredes

Los muros tienen una función estructural en la vivienda. Se debe considerar como trabaja un muro desde su plano de carga para el diseño de mampostería. Este concepto de mampostería se relaciona a un material estructural compuesto por bloques, ladrillo u otras unidades de mampostería, puestos unos sobre otros, unidos con mortero. Un muro puede trabajar:

- Paralelo al plano de carga (esfuerzos de corte)
- Fuera al plano de carga (esfuerzos de flexión)
- Perpendicular al plano de carga (esfuerzos axial-compresión)

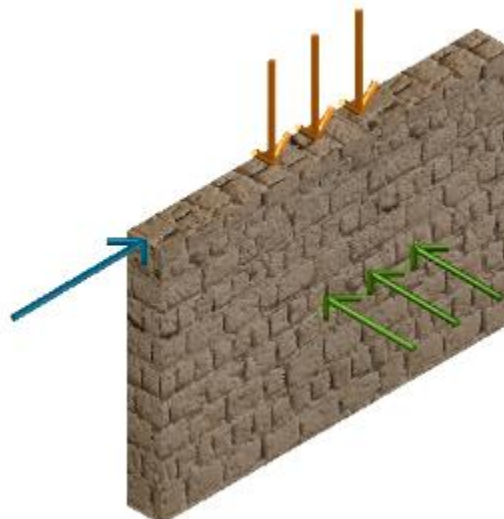


Figura 7. Trabajo de un muro de mampostería (Corzo, 2020)

### a) Densidad de muros

Corzo (2020, p.32) recomienda que, para a vivienda de adobe, “es importante que tenga un sistema estructural tipo cajón”.

El sistema estructural tipo cajón es un arreglo tridimensional de muros de carga a pequeña distancia, el cual, genera que la vivienda tenga alta rigidez y resistencia ante cargas laterales. En los muros predomina la falla por cortante en relación a la de flexión; en este caso no se puede evidenciar una favorable disipación de energía en campo inelástico, acá se aprovecha la gran capacidad de carga y se diseña para fuerzas laterales elevadas que no toman en cuenta disminuciones importantes por comportamiento inelástico (Bazán; Meli, 2000, p.188)

En la vivienda de adobe es conveniente que exista una longitud mínima de muros en cada dirección. Esto se puede determinar con la densidad de muros. Es recomendable que todos los muros sean portantes y estos tendrán la capacidad como se ha mencionado anteriormente de resistir las amenazas por las fuerzas de sismo que pueden suceder en distintas direcciones de la vivienda.

La densidad de muros en una vivienda se determina por el código sísmico de Costa Rica (2011):

- La longitud mínima total de muros es 0.40 m por cada metro cuadrado de área de construcción en cada planta

$$L_{\min\text{-total}} = 0.4 * A_{\text{planta}} \quad (2)$$

donde:  $L_{\min\text{-total}}$  – longitud mínima total de muros portantes en dirección X y Y (m)  
 $A_{\text{planta}}$  – área de construcción de la vivienda (m<sup>2</sup>)

- Longitud mínima en cada dirección X o Y que deben tener los muros

$$L_{\min\text{-por dirección}} = 1/3 * L_{\min\text{-total}} \quad (3)$$

donde:  $L_{\min\text{-por dirección}}$  – longitud mínima de muros portantes por dirección X y Y (m)

### b) Esbeltez de muros

En cuanto a la esbeltez de los muros de tierra, la norma E-80 (2017) asegura un mejor comportamiento integral de la estructura, pueden ser de dos tipos:

- La esbeltez horizontal debe ser igual o menor a 10 en el muro

$$\lambda H = \frac{L}{t} \leq 10 \quad (2)$$

donde:  $L$  – longitud efectiva del muro (m)  
 $t$  – e espesor del muro (m)

- La esbeltez vertical debe ser igual o menor a 6 en el muro

$$\lambda H = \frac{H}{t} \leq 6 \quad (3)$$

donde:  $H$  – altura efectiva del muro (m)  
 $t$  – espesor del muro (Nm)

Se debe cumplir la siguiente expresión donde se relaciona la esbeltez vertical y horizontal del muro:

$$\lambda H + 1.25\lambda V \leq 17.5 \quad (4)$$

### c) Aberturas en muros

Las puertas y ventanas en los muros de la vivienda de adobe se recomiendan que estén centradas y deben ser pequeñas.

Minke (2005) expresa las siguientes dimensiones para los vanos de puertas y ventanas en los muros.

- Los vanos para ventanas y puertas no deben tener una longitud mayor a 1.20 m, ni más de  $\frac{1}{3}$  de la longitud del muro, donde  $b \leq \frac{c}{3} \leq 120 \text{ cm}$
- La longitud del muro entre los vanos y el borde de los muros debe ser como mínimo  $\frac{1}{3}$  de la altura del muro, pero no inferior a 1 m., donde  $a \geq \frac{h}{3} \geq 100 \text{ cm}$

### d) Longitud de muros

Según Minke (2005, p.24), cuando los muros en su diseño tengan una longitud “que sobrepase doce veces el espesor del muro se deberá colocar un arriostre vertical intermedio”.

## 5.5 Techos

Los techos, en general, definidos por Bazán y Meli (2000, p.192), son elementos que cumplen una función importante para la resistencia sísmica, actúan como diafragmas, que distribuyen las fuerzas horizontales generadas por efectos de inercia entre los elementos verticales resistentes.

En cuanto a los techos de las viviendas de adobe se define el cumplimiento de sus características por la norma E-80 (2017):

- Ser livianos
- Actuar como diafragmas rígidos.
- Distribuir su carga en la mayor cantidad de muros, así evitar que existan concentraciones de esfuerzos en los muros
- Estar fijados a los muros por medio de la viga solera

Los techos de las viviendas de adobe “pueden ser inclinados, siendo de una o varias aguas” (E-80, 2017, p. 14).

Los tipos de techos, según su material, pueden clasificarse como:

- Techos artesanales (truncos de eucalipto, cañas, entre otros)
- Techos de barro
- Techos de teja de zinc
- Techos de asbesto cemento

Según Castro et al. (2009, p. 55), en las viviendas de adobe “los techos deben ser de un material durable, ligero y que aisle a la vivienda de ruidos y de climas desfavorables”.

## 5.6 Cimientos

La vivienda de adobe la constituyen muros portantes. Por tal motivo se calcula y diseña una cimentación corrida, que proporciona una base rígida a la vivienda y tendrá la capacidad de transmitir adecuadamente las acciones que se generan por la interacción entre el desplazamiento del suelo y la vivienda, sin que se ocasionen fallas o deformaciones excesivas en el suelo.

En cuanto a las características de la cimentación, Corzo (2020) expresa las siguientes:

- El ancho mínimo del cimiento corrido debe ser dos veces el espesor del muro.

$$b_{\text{cimiento}} = 2t \quad (5)$$

donde:  $b_{\text{cimiento}}$  ancho del cimiento (m)

$t$  espesor del muro (m)

- La altura del cimiento corrido debe ser el 10 % de la altura de la vivienda de adobe, más 40 centímetros.

$$H_{\text{cimiento}} = 10 \% * H + 40\text{cm} \quad (6)$$

donde:  $H_{\text{cimiento}}$  – altura del cimiento (m)

$H$  – altura de la vivienda de adobe (m)

El sistema estructural de la cimentación se definen sus elementos por la norma E-80 (2017):

Cimentación:

- Su función principal es transmitir las cargas a un suelo firme.
- Evitar que la humedad ascienda hacia los muros de tierra.
- Debe tener una profundidad mínima de 0.60 metros y un ancho mínimo de 0.60 metros.

Sobrecimiento:

- Su función principal es transmitir las cargas hasta cimiento.
- Proteger al muro ante la acción de la erosión y la acción capilar.
- Debe tener una profundidad mínima de 0.30 metros y un ancho mínimo de 0.40 metros.  
(p. 12)

Los materiales utilizados para la construcción del cimiento y sobrecimiento es el concreto ciclópeo (empleado para la reducción de costos y mejora la estabilidad de la estructura) y la albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa.

## 6 ESTUDIO DE CASO

Es conveniente estudiar, en las viviendas de adobe, las fallas típicas que pueden presentarse, si estas se originan por la acción de sismos u otra amenaza, o también por la concentración de esfuerzos en las viviendas. La magnitud de impacto de falla está influenciada por la calidad de los materiales, el diseño, los criterios y procedimientos constructivos como la mano de obra y la supervisión en la estructura.

Algunas viviendas en San Agustín Acasaguastlán, construidas con adobe, se evidencia lo siguiente:

- a) La deficiencia de diseño constructivo, como la falta de una viga collar.
- b) Baja calidad del cimiento o sobrecimiento
- c) Un techo que no tiene una característica de diafragma rígido.
- d) No posee un mortero de recubrimiento

Con lo mencionado anteriormente influye en que las viviendas, con el paso del tiempo, no tengan permanencia ante las amenazas naturales y tengan efectos de fallas que pueden ser verticales, horizontales o diagonales.

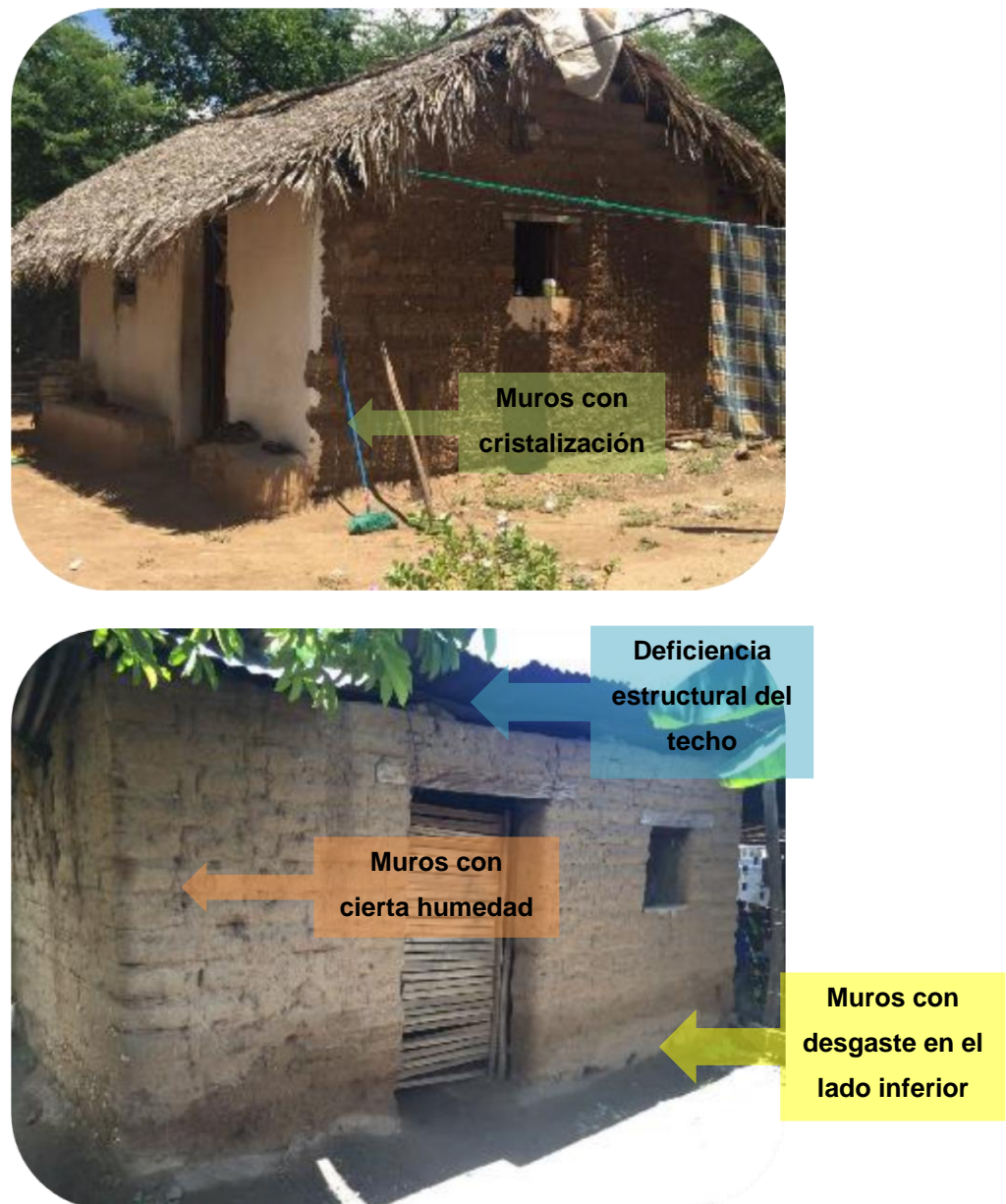


Figura 8. Identificación de las alteraciones de viviendas en San Agustín, Acasaguastlán, construidas con adobe

## 7 CONSIDERACIONES FINALES

El presente trabajo propone considerar las condiciones endógenas y exógenas en las viviendas de adobe, como evaluar la ubicación, localización y las características del suelo de la vivienda, ante los vectores atmosféricos y los problemas relacionados con la actividad sísmica y los fenómenos de dilatación y contracción de los suelos. donde proporcionarán seguridad, funcionalidad, tanto en su entorno (interno y externo), en su funcionamiento estructural y de respuesta.

Los criterios fundamentales en la construcción de las viviendas por la actividad sísmica en la República de Guatemala corresponden a:

- Tener un techo que actúe como diafragma para minimizar que los muros trabajen a flexión (fuera del plano de carga) y que las alturas de estos no sobrepasen de 3 metros.

- Disponer de una longitud máxima en los muros de mampostería de adobe de 3 a 4 metros para obtener un buen comportamiento ante alguna amenaza natural.
- Garantizar que la esbeltez vertical en los muros de mampostería de adobe no sobrepase una relación de 7 y el valor máximo a utilizar debe ser 7, ya que al utilizar valores menores a 5, lo puede hacer más resistente, pero económicamente no es factible.
- Hacer que el trabajo a esfuerzos esté conectado al plano de carga en los muros de mampostería de tierra para que su trabajo estructural sea a esfuerzos a corte y compresión.
- Diseñar el techo para que actúe como un diafragma en las estructuras de mampostería en tierra, transmitiendo sus fuerzas en el plano horizontal a sus elementos verticales, por variaciones diferenciales del suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bazán, E.; Meli, R. (2000). Diseño sísmico de edificios. Limusa Noriega Editores.

Castro, J., Krueger, F., Ramos, L. (2009). Manual de construcciones sismoresistentes en adobe tecnología de geomalla. Andrea Ediciones.

Código sísmico de Costa Rica (2011). Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. Editorial tecnológica de Costa Rica (cuarta edición).

Corzo, M. (2020). Características necesarias para la construcción con tierra S.R. Conferencias introductorias concreto armado II, Guatemala.

Minke, G. (2005). Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. Universidad de Kassel.

Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>

## AGRADECIMIENTOS

Dios, siendo tres en uno.

Nelson Calán, siendo Auxiliar de Cátedra I de la Sección de Estructuras del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por su disposición de ayudar en la realización de este trabajo de investigación.

## AUTORES

Mario Corzo, ingeniero civil; jefe de la Sección de Estructuras del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala; catedrático del Área de Estructuras de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala; investigador, asesor en la facultad de Ingeniería de la universidad de San Carlos de Guatemala.

Bertha Solís, pensum cerrado de la carrera de Ingeniería Ambiental y de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.