Este libro es una guía básica para reforzar las viviendas de adobe y mostrar los problemas frecuentes que provocan que una estructura sea más sensible a los efectos de un sismo.

Documento de difusión de fácil lectura, que no pretende ser una guía exacta a seguir, ya que para ello se requiere de un análisis técnico más riguroso.













Pastoral Social Diócesis de *Loja*



Liliana Troncoso, Sandro Vaca, Patricio Placencia Alexandra Alvarado, José Egred, Hugo Yepes Luis Ríos, Adriana Troncoso



Reforzamiento estructural de construcciones de adobe



Serie
El riesgo sísmico
en el Ecuador

INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CORPORACIÓN EDITORA NACIONAL

Reforzamiento estructural de CONSTRUCCIONES

de adobe: principios básicos

COMISIÓN EUROPEA



Ayuda Humanitaria

PROYECTO DIPECHO V





Pastoral Social Diocesis de Loja

"Fortaleciendo las capacidades comunitarias para reducir los riesgos en poblaciones vulnerables de la provincia de Loja", Contrato No. ECHO/DIP/BUD/2007/03008, ejecutado por Catholic Relief Services (CRS-Ecuador) en el marco del quinto Plan de Acción DIPECHO para la Comunidad Andina y co-financiado por el Programa de Preparación ante Desastres (DIPECHO) del Departamento de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO) y Caritas de Alemania-CRS. Realizado entre septiembre de 2007 y diciembre de 2008, teniendo como escenario los cantones Olmedo, Chaguarpamba y Gonzanamá; su objetivo es reducir riesgos a través del desarrollo del conocimiento y el fortalecimiento de capacidades de respuesta de las comunidades más vulnerables y de los gobiernos locales, ubicados en las zonas más propensas a desastres naturales. Los socios del proyecto fueron: Pastoral Social Diócesis de Loja y el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

Director de Proyecto: Edgardo Bartomioli / hasta sep. 08 **Coordinadores de Proyecto**: Carlos Proaño (hasta sep. 08), padre Agustín Carrión

Responsable financiero: Edison Guerrero M.

Promotores: Saúl Hidalgo, cantón Olmedo; Martha Chamba, cantón Chaguarpamba; Carlos Palma, cantón Gonzanamá

CRS Ecuador, Av. América 1830 y Mercadillo, Edificio Radio Católica, 3er. piso • apartado postal: 17-03-0226 Teléfono: (593 2) 2500 808 • Quito, Ecuador crs@crsecuador.org.ec

Reforzamiento estructural de

Serie: El riesgo sísmico en el Ecuador CONSTRUCCIONES

2

de adobe:

principios básicos

Liliana Troncoso Sandro Vaca Patricio Placencia Alexandra Alvarado José Egred Hugo Yepes Luis Ríos Adriana Troncoso



INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



Diciembre 2008 Quito-Ecuador

Serie: El riesgo sísmico en el Ecuador 2

Reforzamiento estructural de construcciones de adobe: principios básicos

Liliana Troncoso,¹ Sandro Vaca,¹ Patricio Placencia,² Alexandra Alvarado,¹ José Egred,¹ Hugo Yepes,¹ Luis Ríos,³ Adriana Troncoso³

- 1 Miembro del Instituto Geofisico/Departamento de Geofisica, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara E11-253, apartado postal: 17-01-2759, Quito, Ecuador.
- 2 Miembro del Departamento de Estructuras, director del Centro de Investigaciones de la Vivienda.
- 3 Facultad de Ingeniería Civil, Escuela Politécnica Nacional. Miembro de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional.
- © Corporación Editora Nacional

ISBN: 978-9978-84-490-8 Derechos de autor: 030256 Depósito legal: 004199 Diciembre de 2008

Supervisión editorial: Jorge Ortega Diagramación: Margarita Andrade R.

Corrección: Manuel Mesa

Impresión: Ediciones Fausto Reinoso, Av. Rumipamba E1-35

y 10 de Agosto, ofic. 203, Quito

Fotografias de la cubierta: Catholic Relief Services, Proyecto DIPECHO V-Loja.

Corporación Editora Nacional

Roca E9-59 y Tamayo, apartado postal: 17-12-886

teléfonos: (593 2) 255 4358, 256 6340,

fax: ext. 12, Quito, Ecuador

cen@cenlibrosecuador.org • www.cenlibrosecuador.org

Para más información, contáctenos:

Instituto Geofisico de la EPN, Quito, Ecuador

teléfono: 222 5655, fax: 256 7847

geofisico@igepn.edu.ec • www.igepn.edu.ec

Este libro se publica con el apoyo financiero del Departamento de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO), a través del proyecto:

 Fortaleciendo las capacidades comunitarias para reducir los riesgos en las poblaciones más vulnerables de la provincia de Loja, Ecuador.

Contenido

Ag	radecimientos	7
Pre	esentación	9
1.	¿Qué es un terremoto?	17
2.	Efectos de un terremoto sobre las viviendas de adobe	29
3.	Daños que sufre una casa durante un sismo	41
4.	Reforzamiento de las construcciones de adobe	45
5.	Materiales que se deben utilizar	51
6.	Descripción general del proceso	53
7.	Procedimiento	57
8.	Limitaciones del reforzamiento	63
9.	Referencias	67
Ins	stituto Geofisico/Departamento de Geofisica	69
	ntro de Investigaciones de la Vivienda,	70

Agradecimientos

os autores desean expresar su sincero agradecimiento:

- · A Caritas Alemania CRS ECHO por financiar esta publicación.
- A la Escuela Politécnica Nacional, que es el marco institucional que respalda las labores del Instituto Geofisico.
- A los miembros de la Facultad Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional por su valiosa colaboración en el taller demostrativo sobre las técnicas de reforzamiento en construcciones fabricadas en adobe. Pero sobre todo por su participación en el reforzamiento estructural de la Capilla de la comunidad de "El Porvenir" del cantón Olmedo-Loja.
- A los miembros del Instituto Geofísico, que con su dedicada labor diaria han contribuido al conocimiento de los peligros sísmicos y volcánicos en el país.

Dirección:

Ing. Hugo Yepes, MSc.

Área técnica:

Ing. Mayra Vaca (Jefa de Área)
Fis. Jorge Aguilar MSc.
Tlgo. Vinicio Cáceres
Ing. Wilson Enríquez MSc.*
Fís. Omar Marcillo*
Ing. Pablo Marcillo
Tlgo. Eddy Pinajota

Tlgo. Cristian Cisneros Srta. Lorena Gomezjurado Srta. Miriam Paredes Tlgo. Javier Pozo Fis. Freddy Vásconez Ing. Cristina Ramos MSc.

Sra. Verónica Lema

Sr. Edwin Villareal

Área de Sismología:

Ing. Alexandra Alvarado MSc. (Jefa de Área)

Sr. José Egred Srta. Karla Muela Sr. Andrés Ojeda Fis. Pablo Palacios MSc. Dr. Mario Ruiz Ing. Mónica Segovia Ing. Liliana Troncoso

Sr. Guillermo Viracucha

Sr. Daniel Pacheco Srta. Angélica Robles Sr. Javier Santo Sr. Juan Carlos Singaucho Ing. Sandro Vaca MSc. Sr. Cristian Viracucha

Personal que realiza estudios de posgrado en el exterior.

Área de Vulcanología:

Dr. Pablo Samaniego (Jefe de Área)

Ing. Daniel Andrade MSc.*

Ing. Diego Barba

Dra. Silvana Hidalgo Dr. Minard Hall

Ing. Patricio Ramón

Ing. Gorki Ruiz*

Fís. Santiago Arellano Sr. Jorge Bustillos Dr. Karim Kelfoun Ing. Patricia Mothes Dr. Claude Robin Srta. Silvia Vallejo

Área de Secretaría y Servicios:

Srta. Sandra Jiménez (Jefa de Área)

Sr. Carlos Ayol

Sr. Servilio Riofrío

Sra. Grace Erazo

Sra. Carmen Zambrano

RS Ecuador, Caritas Alemania, el Instituto Geofisico de la Escuela Politécnica Nacional, en el marco de la ejecución del Proyecto: "Fortaleciendo las capacidades comunitarias para reducir los riesgos en las poblaciones más vulnerables de la provincia de Loja, Ecuador", financiado por el Departamento de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea, presentan este manual de gestión de riesgos y mejoramiento de viviendas en adobe.

Esta guía práctica presenta en una primera parte, una base conceptual para orientar a los/as líderes de opinión, profesores/as, representantes de gobiernos locales sobre las causas y consecuencias de los sismos, temblores, terremotos, y varia terminología que utilizan los científicos. En la segunda parte de la publicación se brinda información para identificar los efectos que causan estos eventos en las viviendas, construidas con tecnologías tradicionales, como son el tapial y el adobe, y sobre la importancia que adquiere la construcción de una vivienda, técnicamente diseñada y construida, así como el conocimiento del concepto de vivienda sismorresistente. Finalmente, podremos identificar cuáles son las condiciones básicas para que una vivienda o unidad familiar pueda ser mejorada sin tener que reconstruirla. Para ello, se brindan varias recomendaciones en técnicas constructivas, procedimientos para asegurar las viviendas, y diferentes materiales que se pueden utilizar.

El folleto recoge y documenta gráficamente el colapso parcial o total de viviendas de adobe en diferentes eventos sísmicos que se han producido en diferentes provincias y momentos en nuestro país. El objetivo de esta publicación es brindar información a quienes toman decisiones sobre la construcción de viviendas, y ofrecer oportunidades para mejorar la resistencia de nuestras viviendas, utilizando técnicas fáciles de aplicar y de bajo costo. El principio fundamental de esta publicación es demostrar que no existen materiales de mala calidad en la construcción, sino que existen materiales mal utilizados. Es necesario considerar, como norma permanente de mitigación y prevención de riesgos, el realizar procesos de construcción de manera responsable, minimizando los riesgos y generando mejores opciones de vida para sus habitantes.

Las organizaciones y personas que hemos promovido esta publicación estamos comprometidas con difundir el documento entre las personas y en las regiones que presentan mayor vulnerabilidad frente a los sismos en nuestro país. Constituye un esfuerzo orientado a apoyar a los actores sociales urbanos y rurales que luchan por evitar que se produzcan mayores pérdidas de vidas humanas y que las poblaciones de menores recursos, las que reciben el mayor impacto de los embates de la naturaleza, tengan la oportunidad de ponerse a buen recaudo.

Finalmente, la presente publicación es una demostración de que la cooperación cercana entre la comunidad académica y las organizaciones que promueven el desarrollo social de los sectores, en condición de mayor vulnerabilidad y pobreza, es un mecanismo adecuado para fortalecer las capacidades de comunidades y personas, para enfrentar de manera adecuada y organizada los riesgos naturales.

La publicación ha sido posible gracias a la activa participación y compromiso de las organizaciones sociales, públicas y privadas vinculadas al Proyecto en los cantones de Olmedo, Chaguarpamba y Gonzanamá de la provincia de Loja. Agradecemos de manera especial a las organizaciones comunitarias, cuyo involucramiento ha sido clave para alcanzar los logros reportados por el Proyecto.

Alexandra Moncada
CRS Ecuador

n la serranía del Ecuador, ancestralmente, son muy comunes las casas de adobe, por la facilidad de su construcción y bajo costo. Por otro lado, este material ofrece algunas ventajas como: guardar el calor, mantener el ambiente fresco, resistir al fuego y regularizar la humedad. Sin embargo, se ha observado y determinado que este tipo de construcciones ofrece poca o ninguna resistencia a los terremotos (figura 1). Esto se demuestra a lo largo de la historia sísmica del Ecuador, en donde se tienen múltiples evidencias sobre

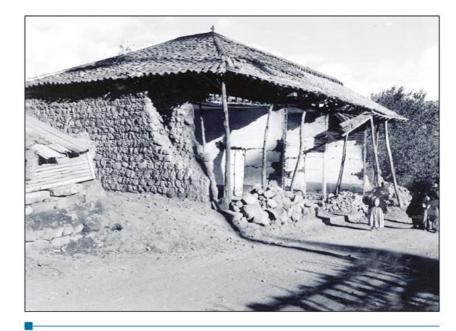


Figura 1. Casa de adobe afectada por Terremoto de Ambato de 1949. http://libraryphoto.cr.usgs.gov/htmllib/btch419/btch419j/btch419z/lge0 0120.jpg

graves daños a las viviendas de adobe, como consecuencia de los sismos, que provocan un gran número de pérdidas humanas y económicas.

DATO CURIOSO:

• El adobe ha sido utilizado desde hace mucho tiempo como material de construcción, siendo el registro más antiguo reportado de aproximadamente 9.000 años de edad. Su uso fue y es muy difundido en el mundo y aún ahora se encuentran vestigios en lugares como Rusia, Egipto, México y Yemen. Entre los ejemplos impresionantes de su perduración es la ciudadela preincaica de adobe de Chan Chan, que fue construida en la costa norte del Perú y perteneció a la cultura Chimú.



Calle en la ciudadela Chan Chan, Perú. http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Chan_chan_view1.jpg

Cuando sucede un terremoto en cualquier lugar de nuestro planeta, y sobre todo cuando provoca pérdidas humanas y económicas, se generan en nuestra mente varias preguntas e inquietudes. ¿Por qué suceden los terremotos? ¿Se pueden predecir? ¿Cómo puedo proteger mi vida y la de mi familia? ¿Cómo puedo saber si mi casa es segura?

En respuesta a esas inquietudes, el presente folleto tiene como objetivo ser una guía práctica en lo referente a la construcción de nuestras viviendas, a fin de estar en capacidad de dotarles de mayor resistencia, en especial las de adobe, recurriendo a procedimientos sencillos y de bajo costo. Todo esto con el gran objetivo de que nuestras viviendas tengan la capacidad de soportar futuros terremotos sin colapsar, dando tiempo para que tomemos las medidas necesarias para salvaguardar nuestra vida y la de nuestra familia.

Dentro de este contexto, se presentan algunas recomendaciones generales sobre lo que se debe y lo que no se debe hacer cuando se construye una casa.

Debemos aclarar que este trabajo no se enfoca hacia edificios, sino a casas de uno o dos pisos, las que frecuentemente se construyen en nuestro país, en muchos casos en forma artesanal y sin el apoyo técnico.

ara entender qué es un terremoto, es conveniente partir de una explicación de cómo funciona la Tierra, nuestro planeta vivo y dinámico. Comparativamente hablando, la estructura de la Tierra es muy similar a la de un huevo, esto se debe a que está formada por capas, la parte más interna es el **Núcleo** (yema), la intermedia es el **Manto** (la clara) y la capa externa es la **Corteza** (la cáscara). Para nuestro objetivo nos vamos a centrar en la Corteza, que es la capa externa y más delgada de la Tierra.

A la parte sólida de la Tierra, que está formada por la Corteza y una parte del Manto Superior se le llama **Litósfera**. La Litósfera no es de constitución uniforme (como la cáscara del huevo), sino que está constituida por una serie de piezas que le dan la apariencia de un rompecabezas. Las piezas de este rompecabezas flotan sobre la parte superior del Manto, que tiene un comportamiento más o menos plástico, si lo observamos en tiempo muy largo. A esta parte del Manto se le llama **Astenósfera**.

Cada una de las piezas de este rompecabezas se conoce con el nombre de *Placa Tectónica* (figura 3) las cuales interactúan entre ellas, debido a que están moviéndose constantemente. Dependiendo de cómo se mueve una placa con respecto a la contigua, estas pueden chocar entre sí y la una sumergirse debajo de la otra o puede desplazarse una con respecto a la otra, solo rozándose o pueden separarse la una de la otra. En nuestro caso la Placa de Nazca se sumerge bajo la

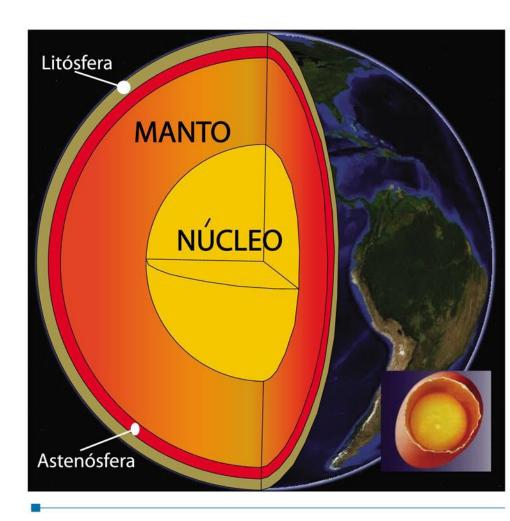
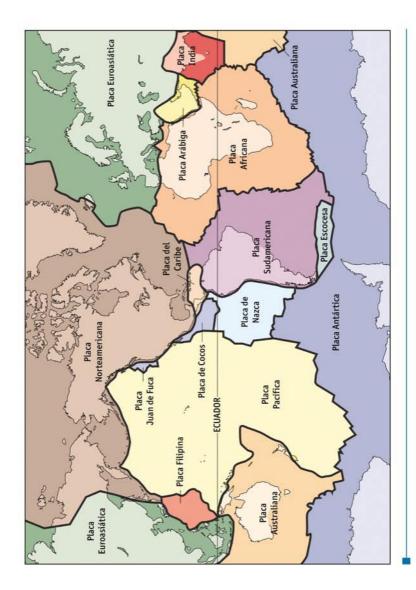


Figura 2. Capas que forman la Tierra.

Sudamericana, proceso que se ha denominado **sub-ducción** (figura 4).

El desplazamiento de las placas entre sí es bastante complejo, existiendo una resistencia entre las placas al libre movimiento. Esta fricción genera una deformación en los bordes de las placas y, por tanto, una fuer-



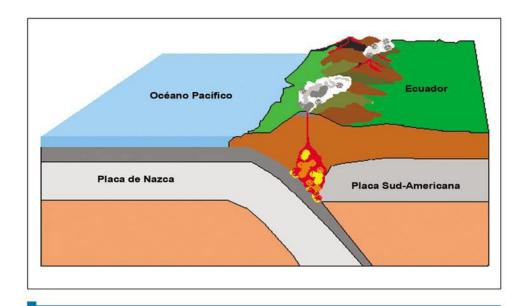


Figura 4. Zona de subducción. Modificado de: http://www.uclm.es/profesoradO/egcardenas/subducci%C3%B3n.bmp

te acumulación de energía que se libera a través de un movimiento súbito o por ruptura. El momento que esto ocurre se libera una determinada cantidad de la energía acumulada, produciendo lo que conocemos como sismo, temblor o terremoto. Parte de esa energía se transmite en forma de ondas que se propagan desde el punto donde se inicia el sismo, hacia la superficie y produce el movimiento del suelo. El punto de origen del sismo se conoce con el nombre de hipocentro, fuente o foco, y siempre se encuentra a cierta profundidad con respecto a la superficie de la Tierra, en cambio, el epicentro es el punto en la superficie sobre el hipocentro (figura 5).

Los sismos también se pueden originar hacia el interior de las Placas, ya que estas no son uniformes y homogéneas y suelen estar fracturadas, por su condi-

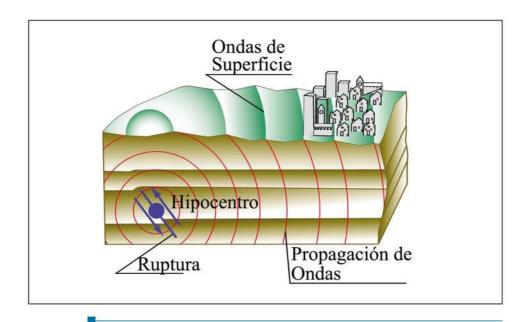


Figura 5. Esquema que muestra la propagación de las ondas desde el hipocentro.

ción frágil, como la cáscara del huevo. Estas zonas son conocidas como *fallas tectónicas*, y son las responsables de muchos de los sismos que se producen en el sector de la serranía y el Oriente de nuestro país (figura 6).

Siempre ocurren sismos en los bordes activos de las placas y mucho menos en el interior, pero hay ciertas regiones de la Tierra donde se genera más cantidad de actividad sísmica, siendo la mayor el **Cinturón de Fuego del Pacífico**, dentro del cual se encuentra el territorio ecuatoriano. Este Cinturón es el lugar donde se ubican la mayoría de las zonas de subducción del planeta. En cambio, en otras zonas del planeta la ocurrencia de sismos es casi nula, como por ejemplo en

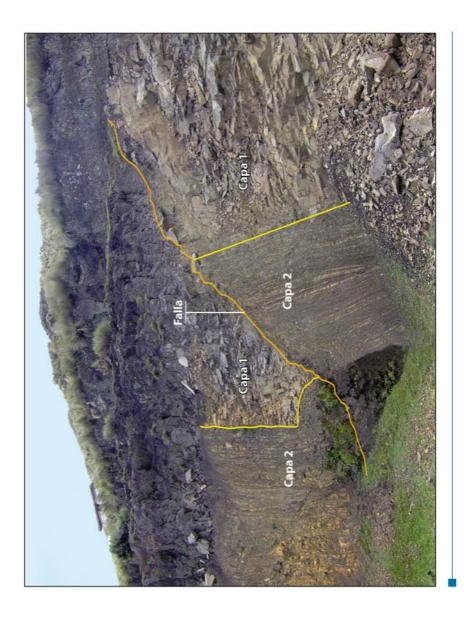


Figura 6. Fotografía de una falla tectónica observada en el corte de la carretera a Zumbahua, Ecuador. Cortesía de Gabriela Gutiérrez y Fabián Villares.

Brasil o Uruguay, por su ubicación en el medio de una placa, en este caso, la Placa Sudamericana.

■ ¿PODEMOS PREDECIR LOS SISMOS?

Es casi imposible predecir un terremoto y la ciencia moderna todavía no es capaz de hacerlo. La predicción de un terremoto implica definir qué tan grande será, en dónde se localizará y cuándo ocurrirá.

Lo que sabemos es que el Ecuador ha sido impactado en muchas ocasiones por terremotos grandes y pequeños, y que casi ningún lugar del territorio ha estado exento o a salvo de ellos, como conocemos, ya que el mecanismo de la subducción y la consecuente deformación de la corteza, son los responsables de dichos terremotos, y como este es un proceso geológico permanente, podemos afirmar que en el futuro cualquier lugar de nuestro país se verá afectado por estos eventos telúricos. Lo que no sabemos exactamente es cuándo ocurrirán, por lo que debemos estar siempre preparados para afrontarlos cuando se presenten.

MAGNITUD E INTENSIDAD DE LOS SISMOS

Dependiendo de la cantidad de energía liberada suelen generarse sismos pequeños, moderados o grandes terremotos. Los sismos pequeños se producen en gran número y solo pueden ser detectados por aparatos muy sensibles y especializados llamados **sismógrafos**. Los sismos moderados o temblores se generan en menor número con respecto a los primeros y son percibidos por las personas y pueden generar ciertos daños moderados en las viviendas. Los terremotos son sentidos por todas las personas ubicadas en un área considerable alrededor del epicentro, causan destruc-

ción total o parcial de las viviendas e incluso pueden ocasionar cambios en la naturaleza, cuando el evento es muy severo.

Para cuantificar la fuerza de un sismo se utilizan dos métodos de medición, que son la magnitud y la intensidad.

La **magnitud** es un valor único que nos permite estimar la cantidad de energía liberada por un sismo. Este valor se obtiene a partir de las características que muestra el sismo en los registros de los sismógrafos, y por lo general se hace referencia a la escala **Richter** dada en grados (tabla 1).

Hay como comparar la energía liberada por un sismo, con la energía liberada en una explosión artificial.

En la tabla 1 se pueden resaltar varios puntos interesantes, entre los cuales tenemos que de acuerdo a la energía liberada por determinados eventos producidos por el hombre o la naturaleza, se les pueden dar un valor en magnitud. El hombre ha tenido la capacidad de provocar eventos con la energía equivalente a un sismo de magnitud 7. Otro aspecto importante es el relacionado con la energía producida por un sismo que, al pasar de la magnitud 0,5 a 1,0, no se incrementa la energía en el doble, sino en 5 veces, según la dinamita detonada. Se conoce bien que se necesitan 32 veces la

DATO CURIOSO:

• Sabías que las actividades del hombre también pueden generar sismo. ¿Cómo? Por ejemplo, las explosiones subterráneas ligadas a la actividad minera, generan sismos de pequeña magnitud y que por lo general no son sentidos.

energía liberada por un sismo de 5,0 para igualar la energía liberada por un sismo de magnitud de 6,0 y de igual manera, para cada grado de magnitud. Para que podamos visualizar lo que esto significa, en la figura 7 se ilustra la equivalencia del incremento de la energía liberada por sismos de magnitud 1, 2, 3 y 4, haciendo una comparación entre los volúmenes de una pequeña canica, una pelota de golf, una toronja y una pelota de básquetbol, respectivamente. En tanto, la energía liberada por un sismo de magnitud 8,7 podría ser representada por la esfera de un globo aerostático.

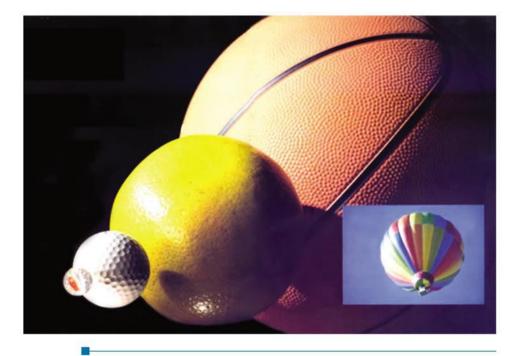


Figura 7. Ilustración comparativa de la energía liberada por sismos de magnitud 1, 2, 3, 4 y 8.7. Nótese que el volumen de las pelotas es el representativo de la magnitud. Tomado de: http://www.dnr.mo.gov/geology/images/eq_compare.jpg

25

Magnitud Richter	Ejemplo	Equivalencia de la energía TNT
-1,5	Rotura de una roca en una mesa de laboratorio	1g
0,5	Granada de mano	6 lb
1,0	Pequeña explosión en un sitio de construcción	30 lb
2,0	Bomba convencional de la Segunda Guerra Mundial	1 tm
3,0	MOAB-Arma no nuclear	29 tm
3,5	Explosión de una mina	73 tm
4,0	Pequeña bomba atómica	1 kilotón 1.000 tm
4,5	Tornado promedio (Energía total)	5.1 kilotón 5.100 tm
5,0	Bomba atómica de Nagasaki	32 kilotón 32.000 tm
6,0	Sismo de Esmeraldas, Ecuador, abril 1976	1 megatón 1,000.000 tm
7,0	La mayor arma termonuclear	aprox. 50 megatones 50,000.000 tm
8,0	Sismo de San Francisco, California, USA, 1906	aprox. 1 gigatón 1.000,000,000 tm
9,1	Sismo de Sumatra, diciembre 2004	aprox. 30 gigatón 30.000,000.000 tm
10,0	Estimado para un meteorito de 2 km de diámetro impactando a una velocidad de 25 km/s	1,000.000,000.000 tm

Tabla 1. Relación de la Magnitud (Richter) con la energía liberada por una cantidad en peso de TNT (trinitrotoluenocompuesto químico explosivo). Modificado de: http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_sismol%C3%B3gica_de_Richter

La **intensidad** es una medida que se determina a base de los efectos generados por el sacudimiento del sismo sobre las personas, animales, construcciones y el terreno. El valor de la intensidad por lo general depende de la distancia a la fuente, es así cómo las zonas más alejadas de la fuente tienen valores más bajos de intensidad. Por ejemplo, el mismo sismo con intensidad de VI en el epicentro, puede tener intensidad III a una distancia aproximada de 100 km del mismo.

La escala más usada para determinar la intensidad es la de **Mercalli Modificada** (tabla 2), pero también es usual encontrar intensidades cuantificadas con la escala **MSK** (Medvedev-Sponheuer-Karnik).

En conclusión, un terremoto tiene un solo valor de magnitud, pero varios valores de intensidad.

1	El sismo pasa desapercibido	
II	Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmentelas ubicadas en los pisos superiores de los edificios.	
Ш	Se percibe en los interiores de los edificios y casas.	B
IV	Los objetos colgantes oscilan visiblemente. La sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un vehículo pesado. Los automóviles detenidos se mecen.	
V	La mayoría de las personas lo percibe aún en el exterior. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y aún pueden derramarse. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico.	
VI	Lo perciben todas las personas. Se atemorizan y huyen hacia el exterior. Se siente inseguridad para caminar. Se quiebran los vidrios de las ventanas, la vajilla y los objetos frágiles. Los muebles se desplazan o se vuelcan. Se producen grietas en algunos estucos. Se hace visible el movimiento de los árboles, o bien, se les oye crujir.	(SOL
VII	Los objetos colgantes se sacuden. Se experimenta dificultad paramantenerse en pie. Se producen daños de consideración en estructuras de albañilería mal construidas o mal proyectadas. Se dañan los muebles. Caen trozos de estucos, ladrillos, muros, comisas y diversos elementos arquitectónicos. Se producen ondas en los lagos; el agua se enturbia.	
VIII	Se hace dificil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aún el derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construidas. Se caen monumentos, columnas, torres y estanques elevados. Se quiebran las ramas de los árboles. Se producen cambios en las corrientes de agua y en la temperatura de vertientes y pozos.	
IX	Se produce pánico general.	
x	Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. El agua de canales, ríos, lagos, etc. sale a las riberas.	
ΧI	Muy pocas estructuras de albañilerías quedan en pie. Los rieles de las vias férreas quedan fuertemente deformados. Las tuberías (cañerías subterráneas) quedan totalmente fuera de servicio.	
XII	El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Losobjetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.	

Tabla 2. Breve descripción de efectos y daños en la Escala de Mercalli Modificada.

2. Efectos de un terremoto sobre las viviendas de adobe

base de las descripciones realizadas por las personas que sintieron los sismos y/o vieron sus efectos se pueden determinar valores de intensidad para diferentes localidades y con esos valores elaborar lo que se conoce como catálogo de intensidades, para varias aplicaciones en trabajos sismológicos.

En la tabla 3 consta un resumen de los sismos históricos que produjeron daños en la provincia de Loja, (evaluados de acuerdo a la escala MSK).

Luego de conocer cómo se originan los terremotos, algunos de los términos científicos para describir estos eventos y algunos de los efectos que causaron en nuestros cantones y poblados, vamos a analizar los problemas que presentan nuestras viviendas de adobe frente a las fuerzas sísmicas.

Los fuertes movimientos en el suelo que genera un terremoto son capaces de causar mucho daño a las viviendas, y especialmente a aquellas construidas con adobe simple, es decir, sin elementos de madera u hormigón que enmarquen sus paredes. Los daños más frecuentes son: cuarteaduras, grietas, colapso de paredes e incluso colapso total de la vivienda (figura 8).

Los daños que presentan las viviendas están siempre relacionados con las fragilidades que tiene la construcción frente a los fuertes movimientos transmitidos desde el suelo, a causa de un sismo. La *vulnerabilidad* de una construcción o su incapacidad para resistir un terremoto, depende en gran parte del tipo de estructura, de la calidad de los materiales, del reforzamiento que

Sismos históricos que produjeron daños en la provincia de Loja

		(42)	
FECHA	LOCALIZACIÓN Y ZONA MACROSÍSMICA	INT. MÁXIMA MSK	REPORTES
1741-01-20	1741-01-20 4.0 S; 79.20 O Loja	VIII	Destrucción de Loja.
1913-02-23	1913-02-23 3.0 S; 79.45 O Loja y Azuay	VIII	Terremoto de consideración en el sur del país con mayores estragos entre Molleturo y Jesús María. Destrucción total de algunas viviendas en poblaciones de las provincias de Loja, El Oro y Azuay. Daños graves en muchas casas de la misma zona y en poblaciones del Guayas. Grietas en Molleturo y en Jesús María (hacienda Rosario) emanación de cieno negruzco y mal oliente por las grietas. Muchas réplicas, algunas muy fuertes.
1928-05-14	1928-05-14 5.0 S; 78.0 O Loja y norte del Perú	VII	Terremoto en el norte del Perú, que fue sentido con gran intensidad en el sur del Ecuador. Los daños más severos se concentraron en Chachapoyas, Huachabamba y Cajamarca. En Machala hubo daños en la iglesia, el hospital y muchas viviendas. En Guayaquil paredes agrietadas. Cae la torre de la iglesia de Yaguachi. Destrucción de puentes y muchos deslizamientos en taludes de caminos, por lo que quedaron interrumpidos. Aproximadamente un mes antes se sintieron sismos premonitores.
1928-07-18	1928-07-18 3.50 S; 78.00 O Loja y norte del Perú	VI	Algunos daños en la ciudad de Loja. Grietas en caminos y montes de la región Oriental. Efectos varios en localidades peruanas.
1946-03-29	1946-03-29 1.70 S; 80.80 O Loja y Costa sur	IV	Daños moderados en Saraguro. Paredes fisuradas en Guayaquil.

Terremoto en la frontera Ecuador-Perú. Los mayores efectos ocurrieron en la provincia ecuatoriana de Loja, especialmente en la ciudad de Gonzanamá. Los demás cantones de la provincia sufrieron efectos en menor proporción, al igual que Guayaquil y otras localidades de la provincia del Guayas y El Oro. En la región noroeste del Perú, varias ciudades y pueblos afrontaron efectos considerables. A las 16h33 se sintió un sismo premonitor en la zona epicentral y se registraron gran cantidad de réplicas.	Daños moderados en el Azuay. Sentido hasta el norte del Perú.	Terremoto con epicentro en la costa norte del Perú, con serios efectos en el sur del Ecuador, en especial en las provincias de Loja y El Oro, además de los departamentos fronterizos peruanos. Varias cabeceras cantonales y parroquias de Loja quedaron destruidas casi completamente. Cayeron casas y templos hasta los cimientos. Edificios de buena calidad semidestruidos o seriamente afectados. Grandes grietas y deslizamientos de taludes y laderas interrumpen muchas carreteras en Loja. Poblaciones costaneras de la provincia de El Oro y el Golfo de Guayaquil, reportaron la generación de un pequeño tsunami. Presencia de licuefacción. Aproximadamente 40 muertos y casi un millar de heridos, sumados entre Ecuador y Perú. Las pérdidas materiales fueron cuantiosas y el impacto socio-económico incalculable.	Sismo de profundidad media, sentido desde Lima hasta Bogotá. Los mayores efectos se concentraron en el norte del Perú. Daños de menos consideración en el sur del Ecuador.
IIA	VII	X	VII
3.40 S; 80.60 O Loja y norte del Perú	1956-03-22 3.30 S; 79.00 O Azuay y Loja	1970-12-10 0.79 S; 80.66 O Loja, El Oro y norte del Perú	1983-09-14 3.70 S; 79.26 O
1953-12-12	1956-03-22	1970-12-10	1983-09-14

Tabla 3. Catálogo de las intensidades de los sismos que causaron daños en la provincia de Loja. (Egred, base de datos).



Figura 8. Fotografia de daños ocasionados en viviendas por el sismo de Pomasqui del 10 de agosto de 1990. Archivo histórico compilado por J. Egred A.

puede tener y de cómo fue construida. Es decir, si se edificó de manera artesanal, como construían nuestros abuelos o de forma técnica con la ayuda de un profesional en la materia. Es necesario resaltar que así se construya técnicamente nuestra casa, pero sin elementos que enmarquen las paredes, la casa es vulnerable.

Cabe señalar que en la vulnerabilidad influye también el estado de conservación de la casa, por su edad y el mantenimiento que se le haya dado.

En este punto tenemos que referirnos al término sismorresistente, que se utiliza para señalar que las

estructuras (en nuestro caso viviendas o casas) reúnen ciertas condiciones que le permiten soportar de manera razonable un sismo. En otras palabras que nuestra casa soporte el sismo el tiempo necesario antes del colapso, para que toda nuestra familia pueda desalojarla y/o ponerse a **buen recaudo**.

Ahora debemos preguntarnos ¿Son nuestras casas sismorresistentes?, y si no lo son ¿Qué debo hacer para mejorarla, sin tener que volver a hacer otra?

Es muy importante conocer por qué decimos que la casa de adobe es muy vulnerable frente a la acción de los sismos. Los expertos y profesionales que han analizado las propiedades de este material, han llegado a la conclusión de que el adobe resiste muy bien esfuerzos de compresión, mas no de tensión. Los esfuerzos de tensión son las fuerzas que intentan separar o extender un material, mientras los de comprensión intentan aplastar o comprimir un material. Esto significa que una casa de adobe resiste muy bien su propio peso, pero no resiste los esfuerzos de tensión que produce un temblor o terremoto.

Cuando se genera un sismo, las casas deben soportar fuerzas que se distribuyen en todas las direcciones, y una de las más importantes es la *fuerza inercial*. Esta fuerza es la que se experimenta cuando nos encontramos en un vehículo parado y **acelera** repentinamente, el vehículo se mueve y nuestro cuerpo tiende a quedarse quieto, dándonos la impresión de ser **lanzado** en sentido contrario al movimiento del vehículo. Lo mismo sucede con una casa cuando el suelo se mueve rápidamente, esta soporta una gran fuerza en sentido contrario al movimiento del suelo; a esta fuerza se la conoce como **carga sísmica** (figura 9). Resultado de estos movimientos y los esfuerzos de tensión la casa comienza a

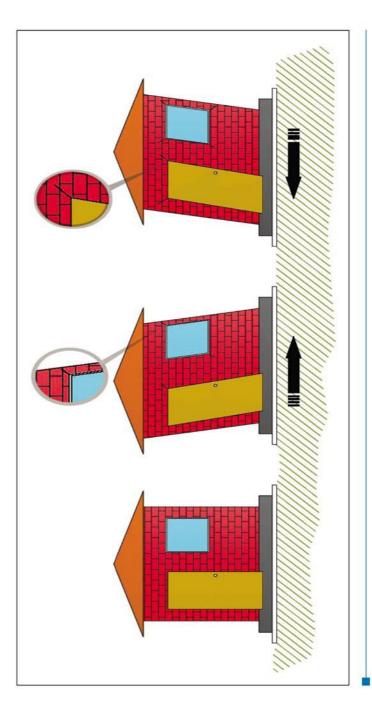


Figura 9. Esquema del comportamiento de una vivienda por la fuerza inercial generada durante la ocurrencia de un sismo.

sufrir graves daños, como son la aparición de grietas, cuarteaduras o desmoronamientos.

■ CONDICIONES PARA QUE LAS CASAS RESISTAN LOS SISMOS

Ya que comprendemos por qué nuestra casa debe ser reforzada, conozcamos las condiciones que debe cumplir para soportar de mejor manera un sismo. Es necesario recalcar que éstas no son las únicas condiciones que se deben observar para que nuestra vivienda sea considerada sismorresistente, pero son las principales.

Condición básica

Nuestra vivienda debe estar enmarcada o confinada o armada. Sin esto, las demás condiciones son inútiles. En nuestro medio, una construcción típica de adobe no está confinada, enmarcada o armada, es decir, cada elemento (paredes y techo) de las viviendas actúa de forma individual frente a las fuerzas generadas durante un temblor o terremoto, (así estén trabadas las intersecciones de las paredes) características que sumada

RECUERDA LA PARÁBOLA DE LA UNIÓN:

• Un hombre viejo y enfermo pidió a sus hijos que le trajesen cada uno una rama y les dijo: "Hijos, intenten con todas sus fuerzas, romper las ramas juntas". Pero ellos no podían. "Inténtenlo ahora de una en una" a medida que los rompían con toda facilidad, les dijo: "Hijos míos, de igual manera si permanecen unidos, nadie podrá hacerles daño, por mucha fuerza que tenga. En cambio, si cada uno toma una decisión al margen del otro, les pasará lo mismo que a cada una de las ramas".

Es similar con los elementos de nuestra vivienda.

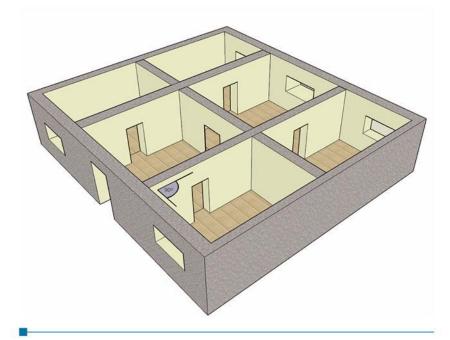


Figura 10. Configuración de la casa adecuada y distribución de muros.

al tipo de material le hacen muy vulnerable. Por esta razón debemos confinar, enmarcar y/o armar las viviendas, es decir, añadirle elementos que enmarquen las paredes y que las unan, o sea que haya trabazón de las paredes entre sí para que les permita resistir los esfuerzos que producen un temblor o terremoto.

Condición 1

Para que una casa soporte todas las fuerzas producidas durante un sismo debe estar bien configurada, adecuadamente construida y formada de materiales de buena calidad (figura 10).

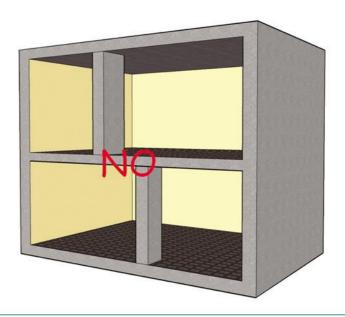


Figura 11. La edificación debe tener continuidad en los elementos, en este caso las columnas deben ser continuas.

Condición 2

Para soportar las fuerzas en todas las direcciones nuestra casa debe tener un conveniente número de muros llenos (sin aberturas de ventanas o paredes) ubicados perpendicularmente entre sí (figura 10).

Condición 3

Debido a que las fuerzas se transmiten a cada elemento de una casa, para soportar mejor un sismo debe haber continuidad de los elementos para que exista una clara transmisión hacia la cimentación. Esto es fundamental en casas de dos o más pisos (figura 11).

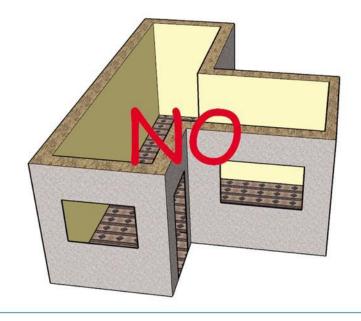


Figura 12. Las formas de casas irregulares son más propensas a sufrir daños.

Condición 4

Nuestras casas deben estar cimentadas o levantadas en suelos firmes, ya que la transmisión de las fuerzas va hacia los cimientos. Si los cimientos de una casa no son buenos o el suelo no es firme, no habrá equilibrio entre la acción del suelo y la reacción de la casa, y pueden ocurrir graves daños e incluso el colapso de la casa.

Condición 5

El factor que más influye en la fuerza que debe soporta una casa el momento de un sismo, es su **masa** que se relaciona directamente con el **peso** o **carga vertical**, es decir, entre más pesada sea una casa, las fuerzas serán más grandes. Por lo tanto, una casa debe ser liviana para soportar menores fuerzas.

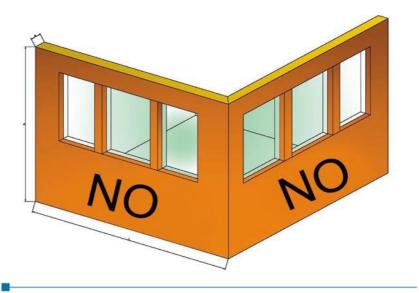


Figura 13. Paredes con muchas "perforaciones", ventanas o puertas son muy propensas a los efectos de los sismos.

Condición 6

Otro factor que incide en el comportamiento de la casa frente a un sismo es su diseño o forma, es decir, casas de forma simple y uniforme soportarán mejor y sufrirán menores daños, que casas de formas irregulares (figura 12).

Condición 7

Frente a un sismo es necesario que los elementos de una casa, como los cimientos, cubiertas o losas, actúen como una unidad. Cada elemento de una vivienda debe estar sujeto, trabado o enlazado con los otros, para que formen una unidad y exista una buena transmisión de fuerzas. Con el enmarcado se logra la trabazón mencionada.

Condición 8

Para que las paredes sean más eficientes para resistir un sismo, deben estar lo menos perforadas, es decir, debemos evitar excesivo número de puertas y ventanas. Adicionalmente, debemos tomar en cuenta que las paredes no deben ser más altas que largas, para evitar que colapsen total o parcialmente frente a un sismo (figura 13).

Condición 9

Cuando existan ventanas, al menos una pared en cada dirección debe ser llena (figura 14).

La clave para que nuestra familia y nosotros podamos salir "sanos y salvos", luego de que un sismo ocurra es que cumplamos varias o todas las condiciones señaladas al construir o reforzar nuestra vivienda, sobre todo la **condición básica**.

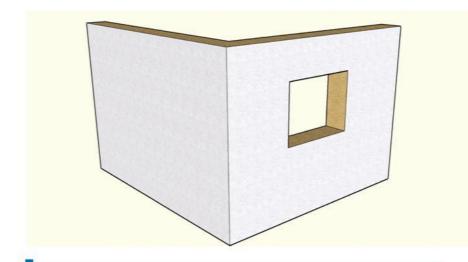


Figura 14. Proporcionalidad entre paredes y ventanas.

3. Daños que sufre una casa durante un sismo

hora vamos a ver cuáles son los principales daños que sufren o han sufrido casas de adobe durante la ocurrencia de sismos; con esto se quiere mejorar el entendimiento de por qué la casa debe ser reforzada, en caso de que ya esté construida, o por qué debemos tomar en cuentas las consideraciones mencionadas, cuando vamos a construir nuestra casa.

Como ya se indicó las casas de adobe son estructuras muy vulnerables y al decir esto significa que la casa sufrirá graves daños e incluso el colapso, sin dar avisos y en un tiempo muy corto. Si adicionalmente olvidamos o no tomamos en cuenta las consideraciones enunciadas anteriormente, nuestra casa tiene muy pocas probabilidades de poder soporta las fuerzas generadas por un sismo.

Si la estructura de la casa no trabaja como una unidad, cada elemento de la misma enfrentará por si solo las fuerzas producidas, tanto por el sismo, como

Característica	A carga vertical (peso de la vivienda)	A carga sísmica (terremoto)
Resistencia	SI	Muy poca
Integridad	SI	Nula
Estabilidad	SI	Inicial
Ductibilidad	No requiere o necesita	Nula

Tabla 4. Resumen del comportamiento de las viviendas de adobe a su propio peso y a las fuerzas generadas durante un sismo. Comunicación personal P. Placencia, Ingeniería Civil-EPN.

por los otros elementos contiguos. En las paredes, inicialmente aparecerán fisuras, cuarteamientos o grietas, que irán sufriendo un deterioro progresivo y rápido durante el movimiento, pudiendo culminar en el colapso parcial o total de las paredes o de la vivienda. Las principales fisuras producidas serán:

- 1. Fisuras, cuarteaduras o grietas a lo largo de las juntas de las paredes.
- 2. Fisuras, cuarteaduras o grietas casi verticales en la parte media-alta de las paredes.
- 3. Fisuras, cuarteaduras o grietas en la base de las paredes.



Principales fisuras producidas en un sismo.

- 4. Fisuras, cuarteaduras o grietas diagonales a las paredes.
- Fisuras, cuarteaduras o grietas diagonales en las paredes que se inician en las esquinas de puertas y ventanas.

De manera general, cuando ocurre un sismo las paredes se separan en las esquinas, se agrietan, pierden estabilidad y colapsan. Cuando colapsan o se separan las paredes, el techo pierde soporte y se desploma, dando como consecuencia inmediata pérdidas humanas y materiales (figura 15).



Figura 15. Ruinas de Pelileo. Terremoto de Ambato, agosto de 1949. http://libraryphoto.cr.usgs.gov/cgi-bin/show_picture.cgi?ID=ID.%20Lewis,%20G.E.%20179

4. Reforzamiento de las construcciones de adobe

ntes de conocer el proceso de reforzamiento debemos tomar en cuenta que nuestra casa no debe presentar los siguientes problemas, y en caso de existir primero debemos solucionarlos, para que el reforzamiento sea efectivo y/o eficiente.

- 1. Nuestra vivienda no debe tener la base de las paredes socavadas por la humedad o la intemperie. En este caso primero se debe reforzar la base de las paredes con concreto, construyendo una especie de calzadura (figura 16).
- 2. El techo de nuestra vivienda no debe estar en mal estado. Si este es nuestro caso, debemos retirar el techo, colocar una viga solera de concreto armado, enmallado vertical sobre el encuentro entre las paredes ortogonales, para posteriormente construir un techo nuevo.
- 3. Las paredes de nuestra vivienda no deben tener grietas con espesor mayor a 3 mm. Para solucionar esto debemos profundizar la grieta, limpiarla, humedecerla y rellenarla con mezcla de cemento (1 volumen de cemento por 4 de arena) compactado a presión manual.

Solucionados estos problemas y una vez comprobado que nuestra casa no presenta falencias, podemos iniciar el proceso de reforzamiento.

Para tener viviendas de adobe más seguras, se debe aumentar la resistencia de las partes de la construcción que sean susceptibles a la generación de fisuras,

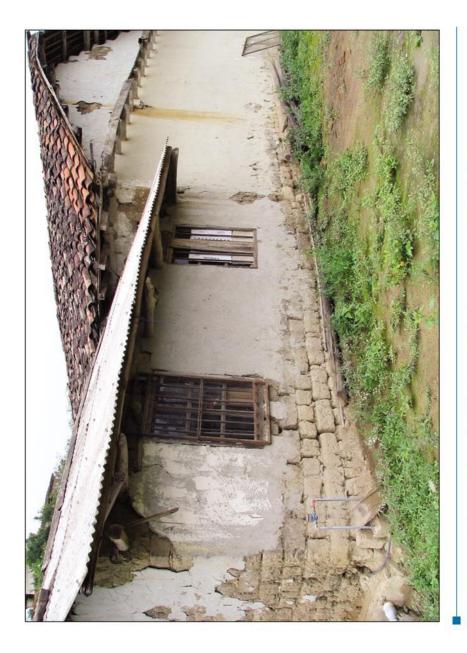




Figura 16. Daños de la intemperie en una vivienda.

cuarteaduras, grietas y/o volcamientos. Esto se logra con la utilización de elementos que tengan resistencia a la tensión, un cierto grado de elasticidad y que enlacen los diferentes elementos de la vivienda (cimientos, paredes, dinteles, techo, entre otras) para que la construcción funcione como un conjunto (figura 17).

El objetivo del reforzamiento es enmarcar las paredes para mejorar la resistencia e integridad de nuestra
vivienda. Para lograr esto se deben recubrir las paredes o parte de las paredes de adobe, con malla electrosoldada por ambos lados y unidas con varillas de
hierro corrugado que crucen la pared de un lado al
otro con un gancho que sujete la malla electrosoldada, y luego poner una capa de enlucido a base de
cemento y arena sin cernir. Este tipo de reforzamiento
ha sido probado experimentalmente en los laboratorios de la Universidad Católica de Lima-Perú y en el
Centro de Investigación de la Vivienda de la
Escuela Politécnica Nacional, mostrando buenos
resultados frente a las fuerzas que se generarían
durante un sismo.

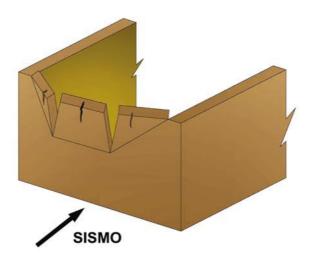




Figura 17a. Comportamiento de pared sin refuerzo frente a las fuerzas inducidas por un sismo.

http://www.iitk.ac.in/nicee/EQTips/EQTip12.pdf

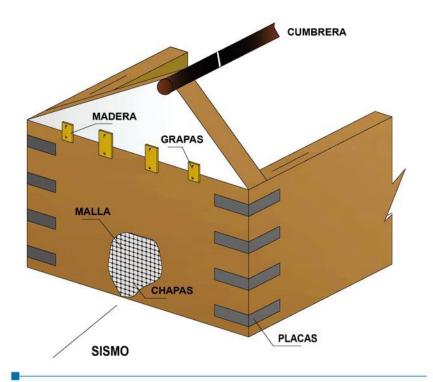
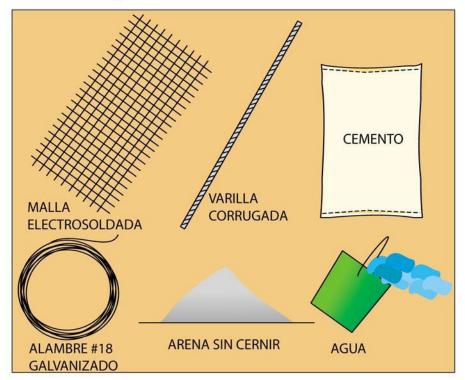


Figura 17b. Comportamiento de pared con refuerzo frente a las fuerzas inducidas por un sismo. http://www.iitk.ac.in/nicee/EQTips/EQTip12.pdf

5. Materiales que se deben utilizar

omo ya se mencionó, para reforzar nuestra vivienda es necesario que contemos con los siguientes materiales:

- 1. Malla de alambre de 1 mm de diámetro, electrosoldada
- Varilla de hierro corrugado de 8 mm de diámetro
- 3. Alambre # 18
- 4. Cemento
- 5. Arena sin cernir
- 6. Agua



Descripción general del proceso

l proceso de reforzamiento consiste en colocar en la parte interior y exterior de la pared un recubrimiento de malla electrosoldada, anclada o enganchada a ambos lados de la pared mediante varilla corrugada y cubierta o enlucida con una mezcla de cemento y arena (figura 18).

Previamente, es necesario que los lugares en donde se colocarán los reforzamientos deben estar limpios, es decir, se deben retirar enlucidos preexistentes, polvo u

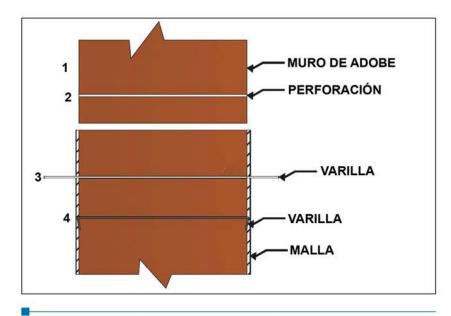


Figura 18. Detalle del reforzamiento en corte vertical de la pared, mostrando cómo las mallas (externa e interna) son vinculadas con la varilla corrugada. Modificado de: P. Bonilla (2002).

otros tipos de recubrimientos, y en algunos casos se pueden rebajar el grosor de las paredes (figura 19).

Las mallas deben estar separadas de la pared aproximadamente unos 2 cm. Esto se puede lograr con el uso de piedras pequeñas puestas entre la malla y la pared. Luego de situar la malla y vincularla con las varillas, se realiza un empastado de unos 5 cm con la mezcla. El empastado o enlucido se lo debe realizar en una o dos. Se recomienda dejar secar una hora, antes de colocar una nueva capa de mezcla.



7. Procedimiento



continuación se detallan los pasos que se deben dar para obtener un buen reforzamiento de nuestra vivienda.

- Dibujar en los muros las líneas que determinan la ubicación de los reforzamiento o "enchapes".
- Retirar el enlucido, en el caso que existan y limpiar el muro con cepillo de cerdas de cobre o de nylon duro, eliminando el polvo y otros recubrimientos.
- Cortar la malla electrosoldada de acuerdo con las dimensiones de los muros que se quieren reforzar.
- Cortar las varillas y alambre para elaborar las uniones o conectores de las mallas. Cada varilla debe tener de largo el ancho de la pared, más 20 cm.
- Doblar la malla electrosoldada en los lugares donde sea necesario. En los dobleces horizontales (la mayoría son de este tipo), la varilla vertical de la malla debe quedar hacia dentro del doblez.
- 6. Colocar la malla electrosoldada sobre la superficie del muro, pero no directamente, ya que hay que dejar un espacio de alrededor de 2 cm. Este espacio se consigue introduciendo a presión piedras pequeñas o ripio. Si se necesita hacer traslapes (sobreposiciones) de la malla, estos deben sobreponerse por lo menos 30 cm de ancho y por lo menos a 1,20 m de las intersecciones de paredes.
- Para atravesar la pared con la varilla corrugada es necesario utilizar una broca de 12 mm de diámetro (1/2") para hormigón. A esta broca se le suelda

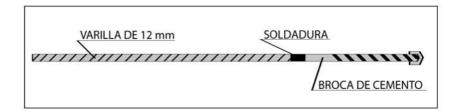


Figura 20. Esquema de la broca soldada a la varilla corrugada, para perforar la pared de adobe. Modificado de: P. Bonilla, "Manual técnico para el reforzamiento sísmico de edificaciones de mampostería no confinada y no armada, de ladrillo o adobe", tesis de grado, 2002, EPN, Quito. Director P. Placencia.

una varilla de longitud suficiente para atravesar la pared. Las varillas que sirven de conectores de las dos mallas electrosoldadas deben colocarse espaciadas a una distancia igual al espesor de la pared en el eje horizontal (ancho de la pared) y a 45 cm en el eje vertical (largo de la pared). No hace falta rellenar la perforación (figura 20).

8. Atravesar las varillas corrugadas por los orificios elaborados con la broca, doblando previamente uno de los extremos, y una vez en posición, doblar el otro extremo. Al hacer esto obtendremos una especie de gancho que vincula las dos mallas al muro o pared. Los ganchos de las varillas deben tener una longitud de 10 cm, deben abrazar un cruce de la malla o al menos una varilla de la malla, y deben doblarse hacia dentro hasta que tope la pared. Los ganchos no deben quedar paralelos a las varillas de la malla, es decir a 90° (figura 21), sino a 135°.

En caso de esquinas o encuentro de paredes es necesario que las varillas tengan la ubicación que se muestra en la figura 22.

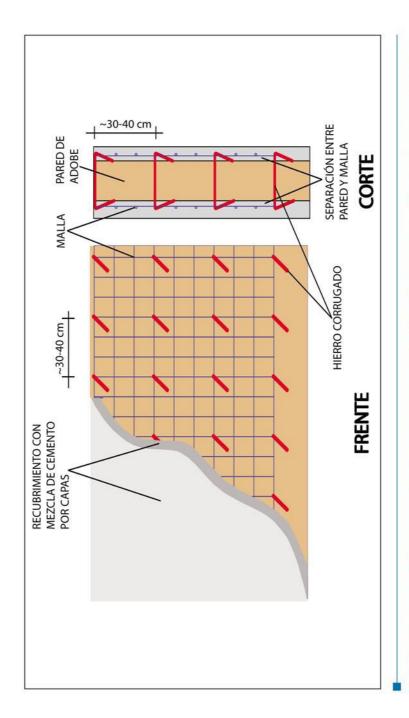
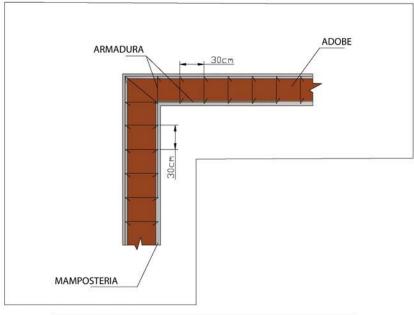


Figura 21. Esquema del refuerzo en frente y corte de pared. Modificado de: P. Bonilla, "Manual técnico para el reforzamiento sísmico de edificaciones de mampostería no confinada y no armada, de ladrillo o adobe", tesis de grado, 2002. EPN, Quito. Director P. Placencia.



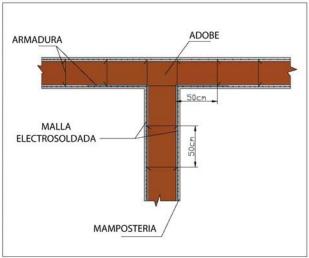


Figura 22. Esquema de la configuración de los refuerzos en esquinas y contactos de paredes. Modificado de: P. Bonilla, "Manual técnico para el reforzamiento sísmico de edificaciones de mampostería no confinada y no armada, de ladrillo o adobe", tesis de grado, 2002, EPN, Quito. Director P. Placencia.

- Amarrar la malla electrosoldada a los ganchos con el alambre # 18 dando la separación necesaria a la malla del muro. Los ganchos deben estar atados con un amarre igual al que se realiza en las varillas en el hormigón armado.
- 10. Preparar una mezcla cemento-arena, en la proporción 1 volumen de cemento por cada 4 de arena. Esta mezcla en lo posible debe tener una consistencia semejante a la del enlucido para paredes. El enlucido debe recubrir al refuerzo por lo menos 2 cm a cada lado de la pared; para vincularlo a la pared, desarrollar la adherencia del refuerzo con la misma, y protegerlo de la intemperie. No es necesario que el muro se humedezca demasiado previamente, pero algo de humedad sí es conveniente, sobre todo si la masilla es más bien seca.
- 11. La mezcla se lanzará directamente con pala a la superficie donde se ha ubicado el refuerzo. El mortero se colocará en una o dos etapas separadas aproximadamente 1 hora entre ellas, para lograr una adecuada sujeción de la mezcla con el refuerzo, y con el muro. No es indispensable encofrar los enchapes.
- 12. Si se desea, se procederá a dar un acabado uniforme a la superficie de la mezcla con una liana.
- 13. Al menos durante los dos días siguientes a la construcción de estos refuerzos, se recomienda humedecerlos diariamente, como curado del mortero.

8. Limitaciones del reforzamiento

omo se anotó anteriormente, hay algunas consideraciones que se deben tomar en cuenta antes de realizar el proceso de reforzamiento. A continuación se detalla algunos de los problemas que podemos encontrar y posibles soluciones:

A. DEFECTOS REPARABLES ANTES DE APLICAR LA TÉCNICA DE REFORZAMIENTO

- Existencia de aberturas en las uniones de las juntas verticales. En este caso se deben rellenar las aberturas con mezcla, limpiando y humedeciendo previamente los bordes de las aberturas.
- Base de los muros ligeramente socavados por humedad o acción climática. Estas zonas deben limpiarse y rellenarse con mezcla de cemento.
- Muros delgados deben ser removidos y reemplazados con otros de bloques de adobe, unidos con mezcla de cemento, o enchaparlos completamente por las 2 caras.
- 4. Vigas de madera del techo rotas. Deben ser reemplazadas por otras nuevas
- Muros de más de 5 m de altura. Se debe colocar una banda horizontal de malla electrosoldada a la mitad de la altura de la pared.
- 6. Muros de hasta 7 m de largo. Se debe adicionar en el centro del muro una doble malla vertical de 0,45 m si la pared es de 5 m, y de 0,90 m si la pared es hasta de 7 m.

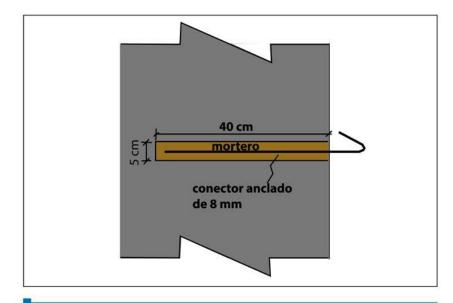


Figura 23. Corte de pared en el que se muestra el reforzamiento a un solo lado de la pared en el caso de paredes adosadas.

- 7. Viviendas de dos pisos. En este caso se debe hacer un enmallado total del primer piso y un reforzamiento en franjas en el segundo, o consultar con un especialista sobre las zonas a enchapar.
- 8. Tímpanos de los techos a dos aguas. Se pueden colocar refuerzos de maderas verticales o malla horizontal en la unión del tímpano con la pared.
- 9. Muros adosados o comunes con otras viviendas. En el caso de no poder reforzar ambos lados del muro, se debe colocar en una sola cara, con anclaje de varilla de 8mm, embutido en una perforación de 5 cm de diámetro y 40 cm de largo con mortero con expansor (figura 23).
- 10. Presencia de fisuras de menos de 3 mm de grosor en los muros. La fisura debe profundizarse, limpiarse y humedecerse para luego ser rellenada a

- presión con mezcla de cemento. El reforzamiento es necesario así no tenga fisuras.
- 11. Adobes que se desmoronan por la perforación. Si el muro se desgrana fácilmente se debe extender los ganchos, rellenar completamente los orificios y separar la distancia entre perforaciones a 50 o 60 cm.

B. DEFECTOS QUE REQUIEREN UN REFORZAMIENTO ADICIONAL PREVIO

- Base de los muros muy deteriorada por erosión. Se debe investigar cual es la causa del deterioro, subsanarla y luego construir una base de concreto en la base de los muros, apuntalando el techo.
- 2. Techos muy deteriorados. Hay que cambiar el techo y sus componentes. Se puede aprovechar para construir una viga horizontal (viga solera) de concreto en vez de la malla horizontal.
- 3. Paredes sin sobrecimiento (pero con cimentación). En este caso, para proteger la base de los muros, debe añadirse un enchape horizontal de 0,45 m en esa zona.
- Viviendas con baja densidad de muros. En este caso se añaden muros nuevos conectándolos contra las vigas del techo.
- Dinteles que se apoyan sobre adobes sueltos. Apuntalar el dintel y eliminar los adobes sueltos reemplazándolos por muros nuevos o puntales de madera, o enchapando el dintel.
- 6. Viviendas de dos pisos con baja densidad de muros. En este caso hay que construir una mayor cantidad de muros que aumenten la resistencia en las partes medias de las paredes.

El texto anterior no cubre todos los casos de dificultades posibles. Por lo que se recomienda que la persona que vaya a hacer el refuerzo, aplique criterios simples, de sentido común, que indique si se deben realizar trabajos previos o desechar la posibilidad de reforzamiento.

9. Referencias

Bonilla, P.,

2002 "Manual técnico para el reforzamiento sísmico de edificaciones de mampostería no confinada y no armada, de ladrillo o adobe", tesis de grado, EPN, Quito-Ecuador. Director P. Placencia.

http://www.ceresis.org/proyect/adobe_ecuador/ecuador.htm#5

http://www.igepn.edu.ec

http://www.dnr.mo.gov/geology/geosrv/geores/relate_incrmagitudes.htm

Mejía, L.,

s.a. Notas sobre diseño sismorresitente para casas de 1 y 2 pisos, Medellín-Colombia.

Murty C.V.R.,

(2001, 2003, 2004) Learning Earthquake Design and Construction, New Delhi India, Building Materials and Technology Promotion Council.

Zegarra, L., A. San Bartolomé, D. Quiun y Alberto Giesecke,

1997 Manual técnico para el reforzamiento de las viviendas de adobe existentes en la Costa y Sierra, Lima-Perú, GTZ-CERESIS-PUCP.

Zegarra, L., A. San Bartolomé y D. Quiun,

1999 Limitaciones y alcances del reforzamiento de viviendas existentes de adobe en los países andinos, Lima-Perú, CERESIS-GTZ-PUCP.

Instituto Geofísico/Departamento de Geofísica Escuela Politécnica Nacional

El Instituto Geofísico/Departamento de Geofísica de la Escuela Politécnica Nacional constituye el primer centro de investigación sísmica y volcánica existente en el país. A partir de enero de 2003, mediante Decreto Presidencial, tiene a cargo en forma oficial el diagnóstico y vigilancia de los peligros sísmicos y volcánicos en todo el territorio nacional y a la vez la comunicación oportuna de estos fenómenos.

Conjuntamente con el diagnóstico de la amenaza, el Instituto Geofísico mantiene un activo programa de monitoreo instrumental en tiempo real, que asegura la vigilancia científica permanente sobre volcanes activos y fallas tectónicas en el territorio nacional. Una serie de publicaciones tanto científicas como de divulgación general a nivel nacional e internacional, dan fe de la capacidad y mística de trabajo de los científicos y técnicos que conforman el Instituto.

Centro de Investigaciones de la Vivienda Facultad de Ingeniería Civil Escuela Politécnica Nacional

Es el primer y único laboratorio de estructuras del país. En él se puede realizar ensayos de carga vertical y de carga horizontal o sísmica, de hasta una casa de dos pisos en escala natural. Posee un piso y pared de reacción con capacidad de 100 t de carga horizontal en la parte superior. Fue creado como Proyecto BID-FUN-DACYT-EPN. Desde el año 2002 viene realizando investigaciones teóricas y experimentales en diversos sistemas constructivos solicitadas por empresas constructivas, para ser aceptados dentro del plan de vivienda del Gobierno. Otras investigaciones han sido orientadas al sector privado, también. Tesis de grado y posgrado de la EPN y otras universidades, han tenido su respaldo experimental en el Centro de Investigaciones de la Vivienda.

Referencia de este libro:

2008

Serie: El riesgo sísmico en el Ecuador, No. 2

Reforzamiento estructural de construcciones de adobe:

Liliana Troncoso, Sandro Vaca, Patricio Placencia, Alexandra Alvarado, José Egred, Hugo Yepes, Luis Ríos, Adriana Troncoso

principios básicos
Corporación Editora Nacional, IG-EPN
Este libro representa el segundo volumen de la serie y está enfocado a mostrar los principios básicos para realizar el reforzamiento de estructura de adobe, las cuales son muy propensas a

sufrir daños cuando ocurren sismos. Tiene una introducción general sobre las causas que generan los sismos y luego se hace

miento en adobe.

El contenido de este documento es responsabilidad exclusiva del Instituto Geofisico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN) y

una explicación de los problemas comunes que tienen las edificaciones, para luego terminar con el proceso básico del reforza-

no refleja necesariamente las opiniones del ECHO o del programa DIPECHO, Caritas Alemania y CRS. Tanto el IG-EPN como ECHO, Caritas Alemania y CRS tienen el derecho de utilizar

libremente y como mejor lo consideren el contenido de la presente publicación.