

Construcciones de Adobe Resistentes a los Terremotos: Tutor



Imágenes de El Salvador : superior-Manuel Lopez Menjivar; inferior:-PRISMA

Construcciones de Adobe Resistentes a los Terremotos: Tutor

Marcial Blondet
Pontificia Universidad Católica del Perú

Gladys Villa Garcia M.
Pontificia Universidad Católica del Perú

Svetlana Brzev
British Columbia Institute of Technology

Publicado como una contribución a la Enciclopedia Mundial
de Vivienda del EERI/IAEE, www.world-housing.net

Abril 2003

Reconocimientos adicionales:

Las siguientes personas aportaron comentarios y material de utilidad para esta publicación:

Sergio Alcocer, CENAPRED, Mexico

Dominic Dowling, University of Technology, Sydney, Australia

José A. Yabar B., Pontificia Universidad Católica del Perú

2003 Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California 94612-1934. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este libro puede ser reproducido en forma alguna o por medio alguno sin la autorización escrita del editor.

499 14th St., Suite 320
Oakland, CA 94612-1934
Tel (510) 451-0905
Fax (510) 451-5411
e-mail: eeri@eeri.org
www.eeri.org

Responsabilidad

Todas las opiniones, hallazgos, conclusiones o recomendaciones expresadas en este documento son de responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista del EERI o de las organizaciones a las que pertenecen los autores.

Editora

Marjorie Greene, EERI

Version HTML

Scott Hagie, John Martin and Associates

Contenido

INTRODUCCIÓN

COMPORTAMIENTO SÍSMICO

COMPORTAMIENTO SÍSMICO MEJORADO DE CONSTRUCCIONES NUEVAS

Composición de los Adobes y Calidad de la Construcción

Factores Relevantes

Recomendaciones

Distribución Adecuada

Tecnologías Constructivas Mejoradas

Uso de Refuerzo Vertical y Horizontal

Contrafuertes y Pilastras

Viga collar

REFORZAMIENTO SÍSMICO DE CONSTRUCCIONES DE ADOBE EXISTENTES

PROTECCIÓN SÍSMICA DE CONSTRUCCIONES HISTÓRICAS DE ADOBE

CONCLUSIONES

LECTURA ADICIONAL

INTRODUCCIÓN

El adobe es uno de los materiales de construcción más antiguos y de uso más difundido. El uso de unidades de barro secadas al sol data desde 8000 B.C. (Houben y Guillard 1994). El uso de adobe es muy común en algunas de las regiones más propensas a desastres del mundo, tradicionalmente a lo largo de América Latina, África, el subcontinente de India y otras partes de Asia, el Oriente Medio y el Sur de Europa.

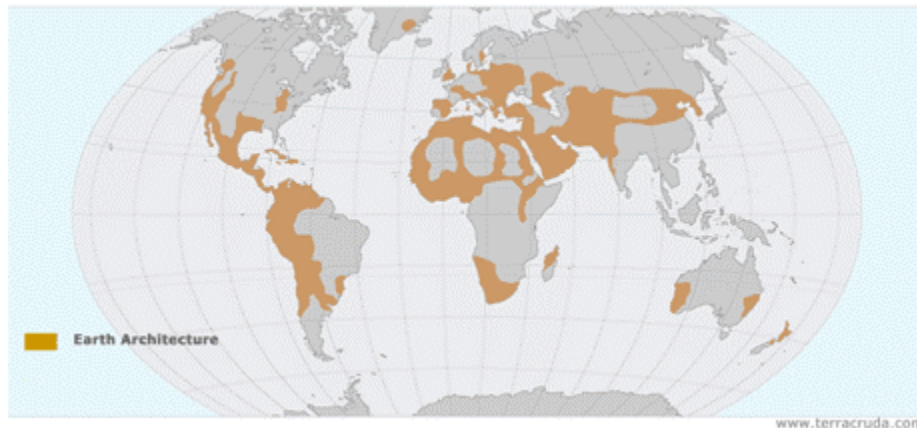


Figura 1 – Distribución Mundial de Arquitectura de Adobe (De Sensi, 2003)



Figura 2 – Distribución Mundial de Riesgo Sísmico Moderado y Alto (De Sensi, 2003)

Alrededor del 30% de la población mundial vive en construcciones de tierra. Aproximadamente el 50% de la población de los países en desarrollo, incluyendo la mayoría de la población rural y por lo menos el 20% de la población urbana y urbano marginal, viven en casas de tierra. (Houben y Guillard 1994). Por ejemplo, en Perú, 60% de las casas son construidas con adobe o con tapial. En India, de acuerdo al Censo de 1971, 73% de todas las edificaciones son hechas de tierra (67 millones de casas habitadas por 374 millones de personas). En general, este tipo de construcción ha sido usada principalmente por la

población rural de bajo ingreso económico. En la Enciclopedia Mundial de Vivienda se presentan ejemplos de prácticas constructivas en adobe de diferentes países.

(www.world-housing.net)

El adobe es un material de construcción de bajo costo y de fácil accesibilidad que es elaborado por comunidades locales. Las estructuras de adobe son generalmente autoconstruidas, porque la técnica constructiva tradicional es simple y no requiere consumo adicional de energía. Profesionales calificados (ingenieros y arquitectos) generalmente no están involucrados con este tipo de construcción y de allí la designación de “construcción no ingenieril”.



El Salvador, Reporte #14(López)



Argentina, Reporte #2(Rodríguez)



India, Reporte #23(Verma)



Perú, Reporte #52 (Loaiza)

Figura 3 – Casas Típicas de Adobe (EERI/IAEE Enciclopedia Mundial de Vivienda)
(www.world-housing.net)

COMPORTAMIENTO SÍSMICO

Además de ser una tecnología constructiva simple y de bajo costo, la construcción de adobe tiene otras ventajas, tales como excelentes propiedades térmicas y acústicas. Sin embargo, las estructuras de adobe son vulnerables a los efectos de fenómenos naturales tales como terremotos, lluvias e inundaciones. La construcción tradicional de adobe tiene una respuesta muy mala ante los movimientos telúricos, sufriendo daño estructural severo o llegando al colapso, causando con ello pérdidas significativas en términos de vida humana y daño material. La deficiencia sísmica de la construcción de adobe se debe al elevado peso de la

estructura, a su baja resistencia y a su comportamiento frágil. Durante terremotos severos, debido a su gran peso, estas estructuras desarrollan niveles elevados de fuerza sísmica, que son incapaces de resistir y por ello fallan violentamente. Daño material y pérdidas humanas considerables han ocurrido en áreas donde este material se ha usado. Esto es confirmado en los informes de terremotos recientes. En el terremoto de 2001 en El Salvador, más de 200,000 casas de adobe fueron severamente dañadas o colapsaron, 1 100 personas murieron bajo los escombros de estas edificaciones y más de 1000 000 personas quedaron sin hogar (USID El Salvador 2001). Ese mismo año, el terremoto en el sur de Perú causó la muerte de 81 personas, la destrucción de casi 25 000 viviendas de adobe y daño severo en 36 000 casas, dejando sin vivienda a más de 220 000 personas (USAID Peru 2001).

Los modos típicos de falla durante terremotos son severo agrietamiento y desintegración de muros, separación de muros en las esquinas y separación de los techos de los muros, lo que en la mayoría de casos, lleva al colapso. Algunas deficiencias características de construcciones de adobe se resumen a continuación.



Figura 4 – Deficiencias Sísmicas de Albañilería de Adobe (CENAPRED)

En varios reportes de la Enciclopedia Mundial de Vivienda (EERI 2003) se han identificado patrones típicos de daño.



Figura 5 – Patrones Típicos de Daño por Terremoto (EERI/IAEE Enciclopedia Mundial de Vivienda) (www.world-housing.net)

COMPORTAMIENTO SÍSMICO MEJORADO DE CONSTRUCCIONES NUEVAS

Debido a su bajo costo, la construcción de adobe continuará siendo usada en áreas de alto riesgo sísmico del mundo. Para un porcentaje significativo de la población global, que actualmente vive en edificaciones de adobe, es de suma importancia el desarrollo de tecnologías constructivas de relación costo-beneficio eficiente, que sean conducentes a mejorar el comportamiento sísmico de la construcción de adobe. Basándose en el estado del arte de estudios de investigación y aplicaciones en campo, los factores clave para el comportamiento sísmico mejorado de la construcción de adobe son:

1. Composición de la unidad de adobe y calidad de la construcción.
2. Distribución robusta.
3. Tecnologías constructivas mejoradas incluyendo refuerzo sísmico.

Composición de la Unidad de Adobe y Calidad de la Construcción (basado en Ref. 17)

Factores Clave

Las características de los suelos que tienen mayor influencia en la resistencia de la albañilería de adobe son aquellas relacionadas con el proceso de contracción por secado o con la resistencia seca del material.

- Arcilla: el componente más importante del suelo; provee la resistencia seca y causa la contracción por secado del suelo.
- Control de la microfisuración del mortero de barro debida a la contracción por secado: requerido para obtener albañilería de adobe fuerte.
- Aditivos: paja y en una menor proporción arena gruesa son aditivos que controlan la microfisuración del mortero durante la contracción por secado y por ende, mejoran la resistencia de la albañilería de adobe.
- Construcción: la calidad de la mano de obra juega un papel importante en obtener una albañilería de adobe fuerte, resultando en variaciones de resistencia globales del orden del 100%.

Recomendaciones

- Arcilla: Realizar el “ensayo de resistencia seca” – con el suelo elegido hacer por lo menos tres bolitas de barro de aproximadamente 2 cm de diámetro. Una vez se han secado (después de por lo menos 24 horas), aplastar cada bolita entre el dedo pulgar e índice. Si ninguna de las bolitas se rompe, el suelo contiene suficiente arcilla como para ser usado en la construcción de adobe, siempre que se controle la microfisuración del mortero debida a la contracción por secado. Si algunas de las bolitas pueden ser aplastadas, el suelo no es adecuado, ya que carece de la cantidad suficiente de arcilla y debería ser descartado.

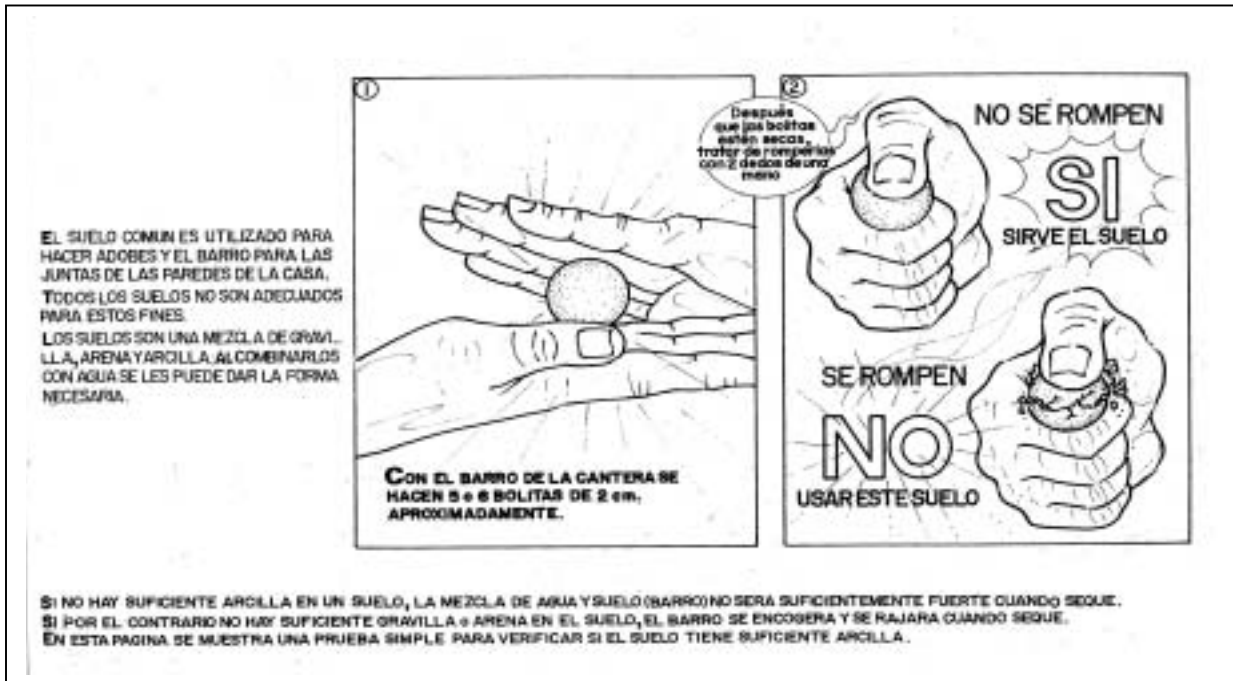


Figura 6 – Ensayo de Resistencia Seca Dry Strength Test (PUCP/CIID, 1995)

- Ensayo del rollo: Es una alternativa para elegir el suelo en el campo. Usando ambas manos, hacer un pequeño rollito de barro. Si la longitud sin romperse del rollito producido está entre 5 y 15 cm, el suelo es adecuado. Si el rollito se rompe con menos de 5 cm, el suelo no debe ser usado. Si la longitud sin romperse del rollito es mayor de 15 cm, se debe añadir arena gruesa. (CTAR/COPASA 2002).

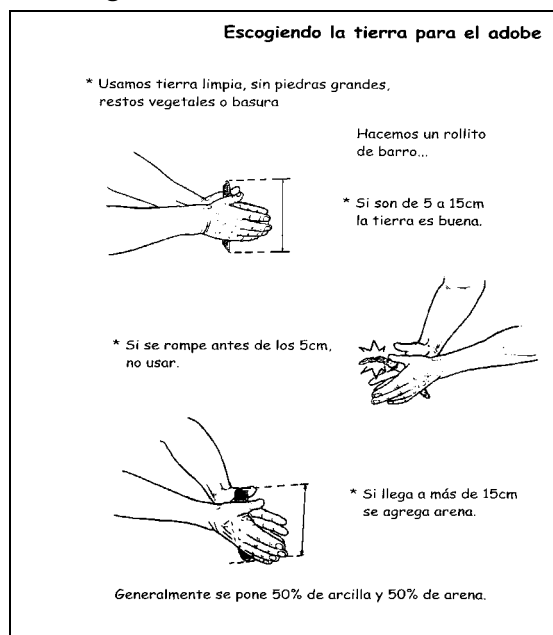


Figura 7 – Ensayo del Rollo (CTAR/COPASA, 2002)

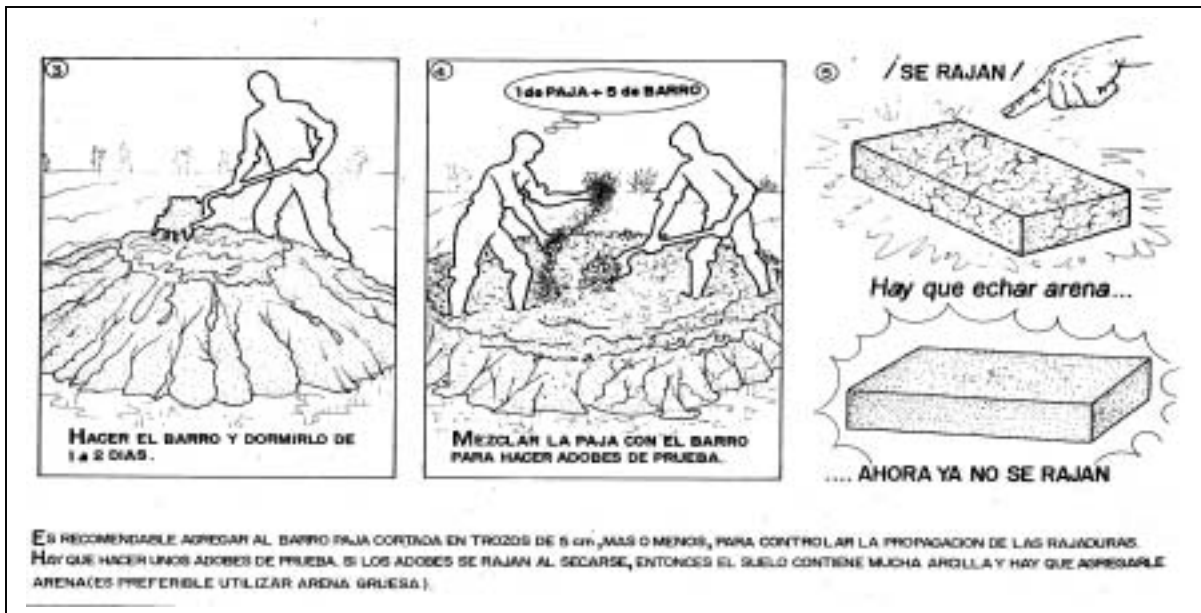


Figura 8 – Control de Microfisuración Añadiendo Paja (PUCP/CIID, 1995)

- Aditivos: paja; especialmente al preparar el mortero, añadir al barro la máxima cantidad de paja posible que permita una adecuada trabajabilidad.
Si no se dispone de paja, realizar el “ensayo de control de microfisuración”. Hacer dos o más emparedados de adobe (dos bloques de adobe unidos con mortero). Después de 48 horas de secado en la sombra, los emparedados se abren cuidadosamente y se examina el mortero. Si el mortero no muestra fisuración visible, el suelo es adecuado para la construcción de adobe. Cuando la fisuración es notoria y abundante, usar arena gruesa (de 0.5 a 5 mm de tamaño aproximadamente) como aditivo para controlar la microfisuración debido a la contracción por secado.
- Aditivos: arena gruesa; la proporción más adecuada suelo-arena gruesa se determina realizando el ensayo de control de microfisuración con por lo menos 8 emparedados fabricados usando morteros con diferentes proporciones de suelo y arena gruesa. Se recomienda que las proporciones suelo-arena gruesa varíen entre 1:0 (sin arena) hasta 1:3 en volumen. El emparedado con la mínima cantidad de arena que no muestra microfisuración visible al ser abierto luego de 48 horas de haber sido fabricado, indica la proporción suelo:arena gruesa que se deberá usar en la construcción de adobe.
- Temas constructivos: humedecer las unidades de adobe antes de ser asentadas. Todas las caras que estarán en contacto con el mortero deberían ser humedecidas superficialmente. Esto se puede lograr salpicando agua.
- “Dormido” del barro: el efecto positivo de almacenar el barro durante uno o dos días antes de la fabricación de las unidades de adobe o del mortero es una práctica tradicional en Perú. Este procedimiento permite una mayor integración y distribución del agua entre las partículas de arcilla, logrando de esta manera activar sus propiedades cohesivas.
- Otras recomendaciones generales: eliminar todos los elementos ajenos al barro; mezclar meticulosamente tan uniformemente como sea posible, secar los bloques de adobe a la sombra; limpiar los adobes antes de asentarlos, hacer juntas de mortero uniformes y totalmente llenas; y asegurar que el muro esté a plomo.

Distribución Robusta (basada en Ref. 13, 4)

Uno de los principios esenciales de la construcción de adobe sismo resistente es el uso de distribuciones en planta compactas y tipo caja. Las recomendaciones principales se resumen a continuación (Coburn y otros, 1995, EERI, 2003):

- Construir casas de sólo un piso.
- Usar un techo liviano y aislado en lugar de un techo de tierra pesado y compacto.
- Disponer la distribución de muros para proveer soporte mutuo por medio de muros transversales, en intervalos regulares en ambas direcciones o usar contrafuertes.
- Mantener los vanos de los muros pequeños y bien distribuidos.
- Construir sobre una cimentación firme.

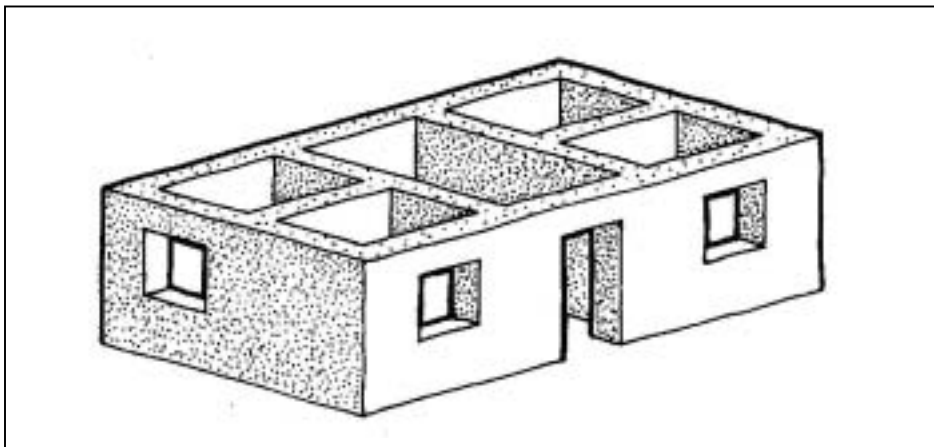


Figura 9 – La Forma Más Segura es una Casa Cuadrada de Un solo Piso, con Ventanas Pequeña y una Planta Compacta y Regular, con Abundantes Muros Transversales (Coburn y otros, 1995)

Los muros son los principales elementos portantes en una edificación de adobe. Algunas recomendaciones empíricas relacionadas a la construcción de muros resistentes a los terremotos son las siguientes:

- La altura del muro no debería exceder ocho veces el espesor del muro en su base y en ningún caso debería ser mayor que 3.5 m
- La longitud sin arriostres de un muro entre muros transversales no debería exceder de 10 veces el espesor del muro, con un máximo de 7 m.
- Los vanos no deberían exceder de un tercio de la longitud total del muro.
- Ningún vano debería tener un ancho superior a 1.2 m
- Proveer muros de 1.2 m de longitud mínima entre vanos.

Las recomendaciones relacionadas con la longitud del muro y los tamaños y distribución de los vanos en una construcción de adobe se resumen en la Figura 10.

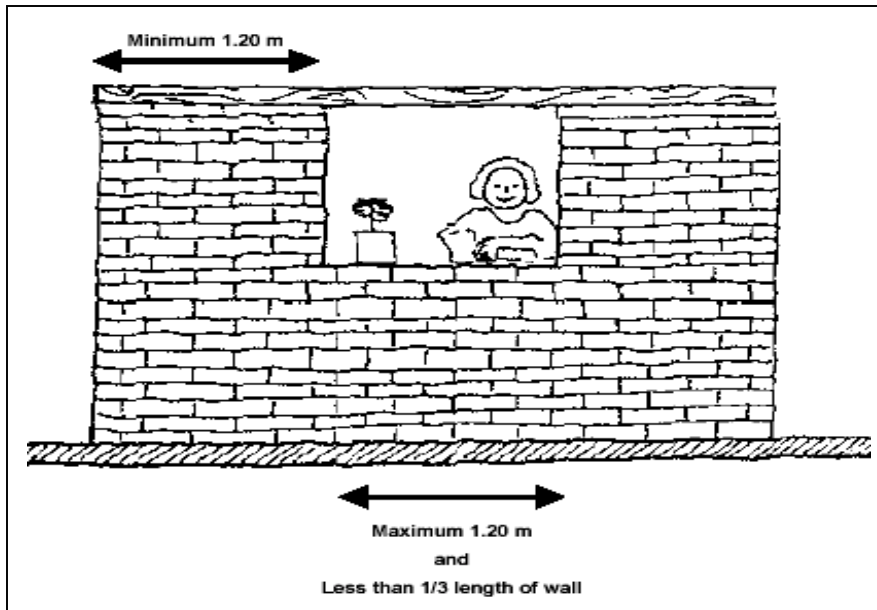


Figura 10 – Guía para los Vanos en Muros (RESESCO, 1997)

Tecnologías Constructivas Mejoradas (Basado En Ref. 1, 2, 8, 12, 13)

Uso de Refuerzo Horizontal y Vertical

El reforzamiento puede hacerse con cualquier material dúctil, incluyendo: caña, bambú, junco, parra, sogá, madera, malla de gallinero, malla de púas o barras de acero. El refuerzo vertical ayuda a mantener la integridad del muro fijándolo a la cimentación y a la viga collar y restringe la flexión perpendicular al plano y el corte coplanar. El refuerzo horizontal ayuda a transmitir la flexión y las fuerzas de inercia en los muros transversales (perpendiculares al plano de la sollicitación) hacia los muros que resisten el cortante (coplanares con la sollicitación), también restringe los esfuerzos de corte entre muros adyacentes y minimiza la propagación de las fisuras verticales. El refuerzo vertical y horizontal debería estar unido entre sí y a los otros elementos estructurales (cimentación, viga collar, techo) por medio de hilo de nylon. Esta unión provee una matriz estable, que es de por sí más fuerte que sus componentes individuales. La colocación del refuerzo debe ser cuidadosamente planificada y las unidades deben ser fabricadas tomando provisiones especiales en cuanto a sus dimensiones. Una ilustración del refuerzo de caña para muros de adobe se muestra a continuación.

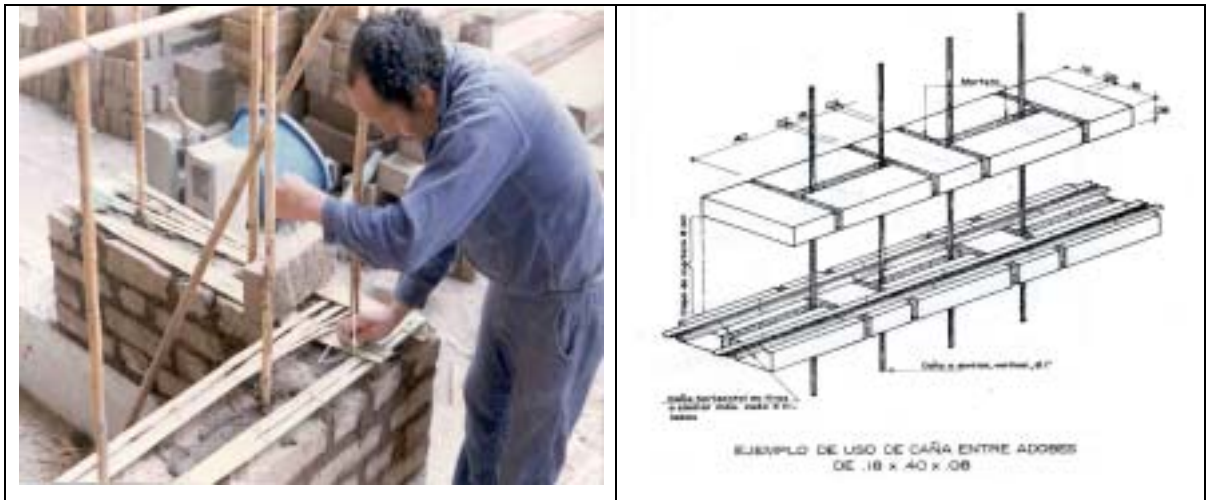


Figura 11 – Colocación del Refuerzo de Caña en Perú (Blondet y otros, 2002)



Figura 12 – Colocación del Refuerzo de Caña en El Salvador (Dowling 2002)

En la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú, se han realizado múltiples investigaciones en edificaciones de adobe reforzadas con caña (Blondet y otros, 2002). El primer proyecto de investigación desarrollado en la PUCP en 1972 consistió en el estudio experimental de varias alternativas, con materiales disponibles en zonas rurales, para el refuerzo estructural de casas de adobe. Los modelos fueron construidos sobre una plataforma de concreto. El ensayo consistió en inclinar lentamente la plataforma y medir el

ángulo de inclinación en el momento del colapso. La componente lateral del peso del modelo fue usada para cuantificar la máxima fuerza sísmica. La conclusión principal fue que un refuerzo interior logrado con caña vertical, combinado con caña horizontal aplastada colocada cada cuatro hiladas, aumentaba considerablemente la resistencia de los modelos..

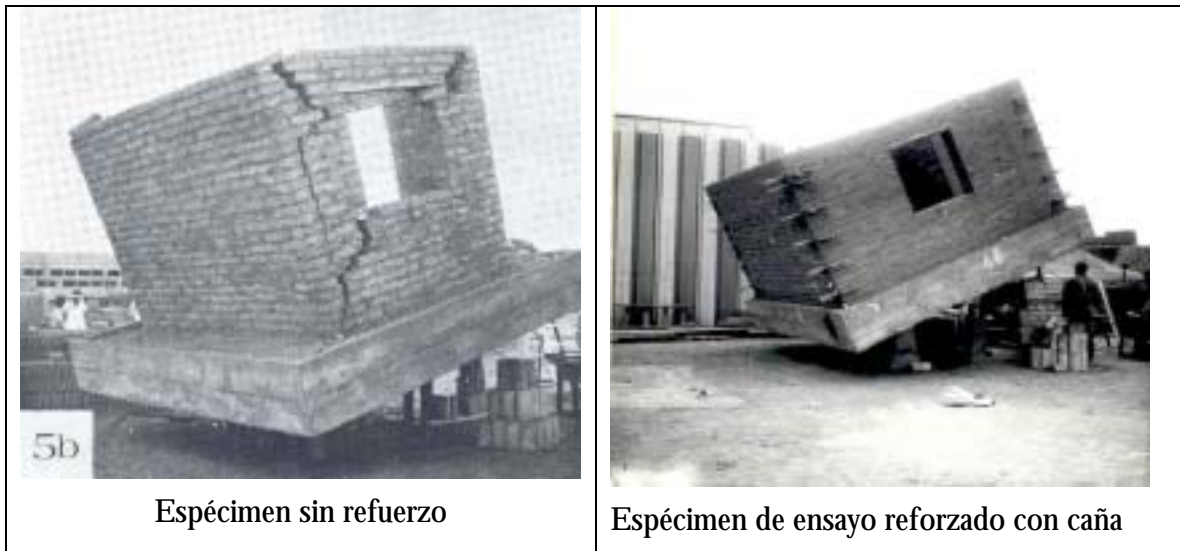


Figura 13- Comportamiento Sísmico de Edificación de Adobe Sin Refuerzo y Reforzada (Blondet y otros, 2002)

En 1992, ocho modelos a escala natural de una edificación consistente en una habitación de un piso fueron ensayados en un simulador de sismos. Los resultados de estos ensayos han demostrado que el refuerzo horizontal y vertical de caña, combinado con una sólida viga collar, pueden prevenir la separación de los muros en las esquinas debido a un sismo severo y de esta manera pueden mantener la integridad estructural aun después que los muros estén muy dañados. Se probó que el reforzamiento resultó muy efectivo en prevenir el colapso de las edificaciones durante los ensayos.

Grabaciones cortas de video mostrando los ensayos de simulación sísmica del modelo de edificación de adobe sin refuerzo ([MnoR_D120](#)) y del modelo reforzado con caña ([Mr_D140](#)). (www.world-housing.net "Tutorials")

Contrafuertes y Pilastras (basado en Ref. 8)

El uso de contrafuertes y pilastras en las partes críticas de una estructura aumenta la estabilidad y el esfuerzo resistente. Los contrafuertes actúan como soportes que pueden prevenir el volteo del muro hacia adentro o hacia fuera. Los contrafuertes y las pilastras también mejoran la integración de los muros que convergen en las esquinas. Las secciones críticas incluyen:

- Esquinas, donde las pilastras toman la forma de muros cruzados y
- Ubicaciones intermedias en muros largos, donde los contrafuertes toman la forma de muros perpendiculares de arriostre que son integrados a la estructura del muro.

El uso de contrafuertes y pilastras para la resistencia mejorada de construcciones de adobe ha sido reportado en El Salvador, como parte de un esfuerzo de educación de base y reconstrucción posterior a los terremotos del 2001 (Dowling 2002, Dowling en proceso).

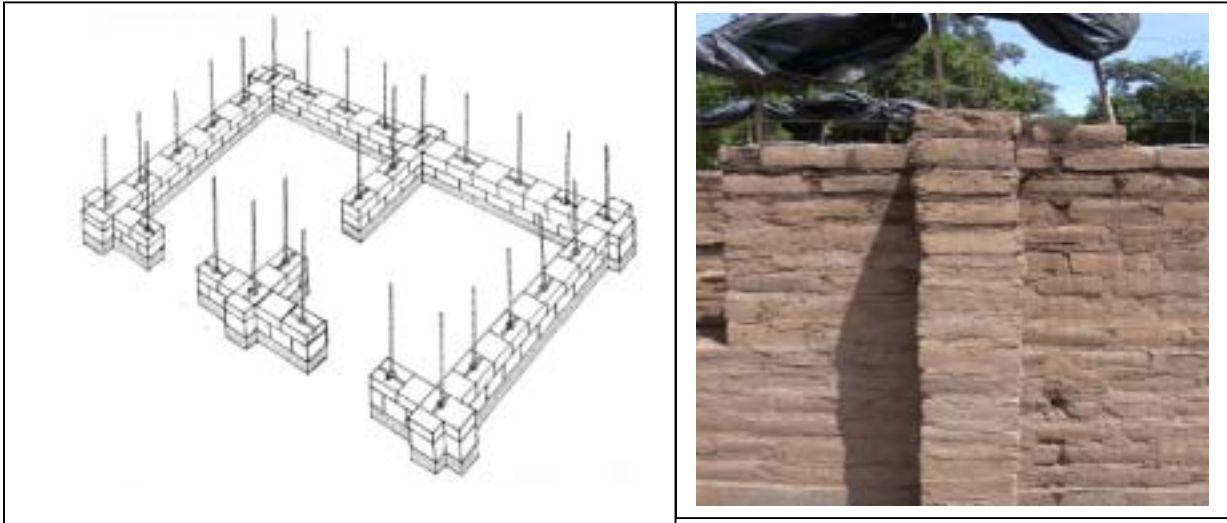
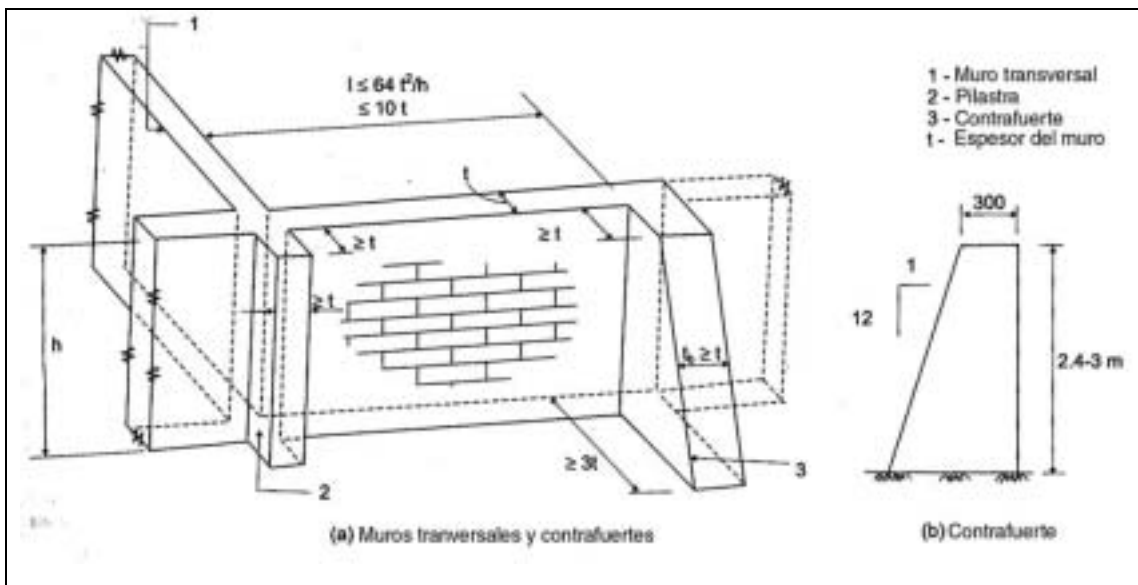


Figura 14 – Edificación de adobe con Contrafuertes y Pilastras en El Salvador (Equipo Maiz, 2001, Dowling 2002)

Las recomendaciones acerca de las dimensiones de los contrafuertes y las pilastras se resumen en las figuras que siguen (IAEE 1986).



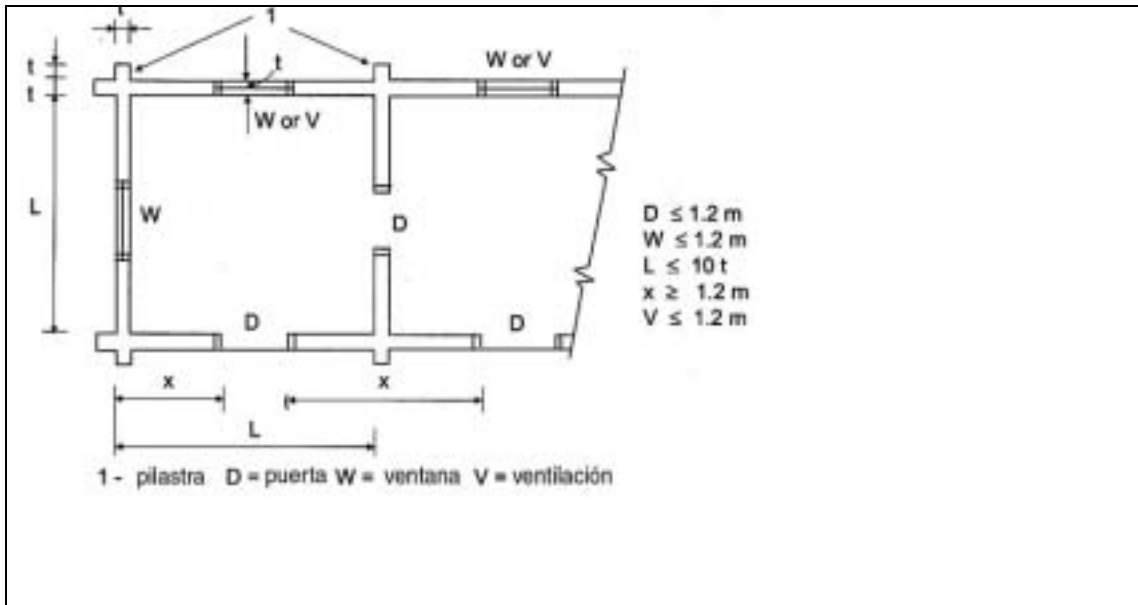


Figura 15 - Guía para la Construcción de Muros con Contrafuertes y Pilastras (IAEE 1986)

Viga Collar (basado en Ref. 2, 4)

Una viga collar (también conocida como viga corona, viga de amarre, viga anillo, viga solera o banda sísmica) que amarra los muros formando una estructura tipo caja es uno de los componentes esenciales para la resistencia ante terremotos de la construcción de albañilería portante. Para asegurar el buen comportamiento sísmico de una edificación de adobe, se debe colocar una viga collar continua como un cinturón. La viga collar debe ser fuerte, continua y muy bien amarrada a los muros y debe recibir y soportar el techo. La viga collar



puede ser construida de concreto o de madera.

Figura 16- Construcción de una Viga Collar de Concreto Reforzado en El Salvador (Dowling 2002)

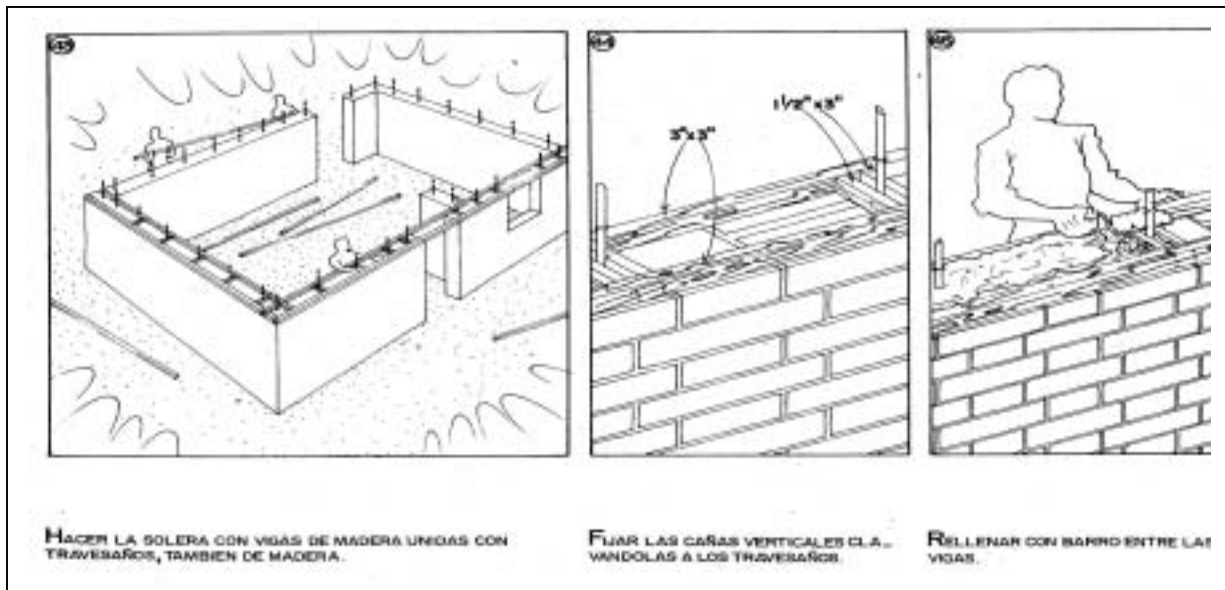


Figura 17 – Guía para la Construcción de la Viga Collar de Madera (PUCP/CIID, 1995)

Además de la viga collar, el uso de conectores de madera tipo tijeral entre el dintel y la viga collar demostraron ser efectivos en los ensayos realizados en la PUCP, Peru (Blondet, 2002). El comportamiento de una edificación de adobe no reforzada y de un modelo con refuerzo horizontal y vertical de caña, viga collar y conectores tipo armadura se ilustra a continuación.



Figura 18 – Comportamiento Sísmico de un Módulo de Adobe sin Refuerzo (Izquierda) y de un Módulo de adobe con Refuerzo Interior de Caña y Viga Collar (Derecha) (Blondet y otros, 2002)

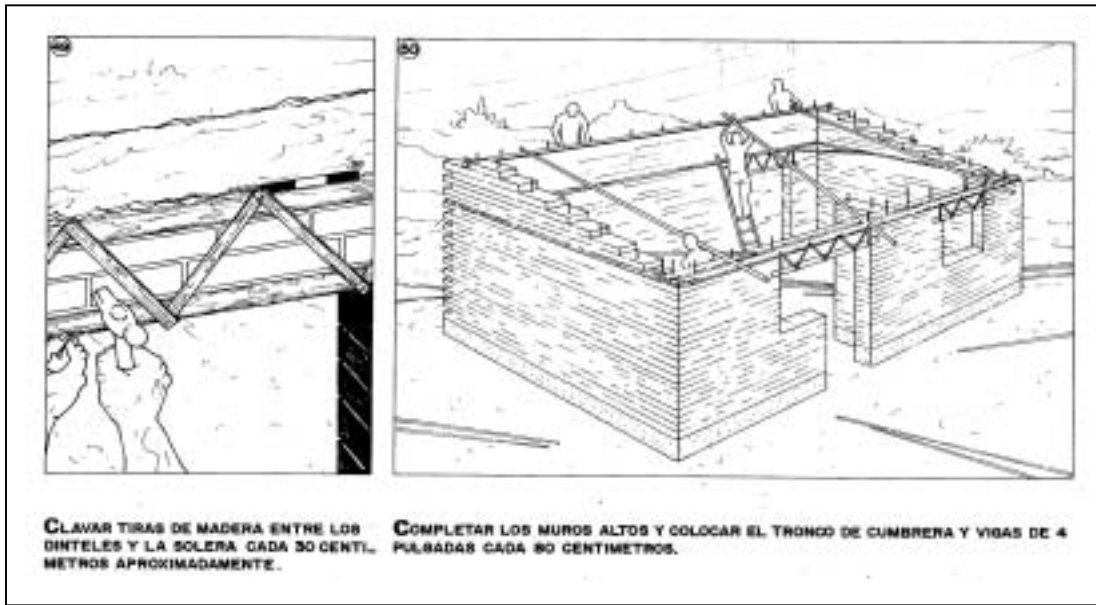


Figura 19 – Guía para la Construcción de los Conectores de Madera y la Viga Collar (PUCP/CIID, 1995)

Para una cartilla detallada en Español acerca de la construcción de adobe resistente a los terremotos usando las técnicas antes descritas, refiérase a documento 13 en la “, PUCP/CIID, 1995.

REFORZAMIENTO SÍSMICO DE CONSTRUCCIONES DE ADOBE EXISTENTES (basado en Ref. 18, 19, 20)

En la PUCP se ensayaron técnicas simples para reforzar viviendas de adobe existentes. El refuerzo externo propuesto fue desarrollado con el propósito de retardar el colapso de la estructura durante un sismo severo. Se ensayaron diferentes materiales de refuerzo, como tablas de madera, sogas de ½ pulgada, malla de gallinero y malla electrosoldada. Se hicieron ensayos de simulación sísmica en muros en forma de “U”, con y sin refuerzo, como se muestra en la Figura 20.



Figura 20 – Ensayo Dinámico de Muros en Forma de “U” (Zegarra y otros, 1997)

Los ensayos dinámicos demostraron que la mejor solución para viviendas de adobe existentes es un reforzamiento consistente en malla electrosoldada (alambre de 1 mm espaciado cada $\frac{3}{4}$ pulgada) clavado, mediante tapas metálicas de botella, contra el adobe como se muestra en la Figura 21. La malla es colocada en franjas horizontales y verticales simulando vigas y columnas, y es cubierta con mortero de cemento y arena. Esta solución demostró ser altamente efectiva en retardar el colapso de la estructura.



Figura 21 – Colocación de la Malla Electrosoldada en un Muro de Adobe Tradicional (Zegarra y otros, 1997).

Durante el terremoto de Arequipa en Perú (2001), las viviendas de adobe existentes que habían sido reforzadas externamente con malla electrosoldada recubierta con mortero cemento-arena, como parte de un programa de reforzamiento piloto, soportaron el evento sísmico sin daño alguno. Sin embargo las viviendas sin refuerzo colapsaron o fueron severamente dañadas, como se puede apreciar en la figura que sigue.



Figura 22 – Una Casa con Refuerzo Exterior de Malla Electrosoldada Sin Daño (primer plano). Detrás Aparece una Casa Sin Refuerzo Severamente Afectada por el Terremoto de Arequipa, Perú en 2001 (Zegarra y otros, 2001)

PROTECCIÓN SÍSMICA DE CONSTRUCCIONES HISTÓRICAS DE ADOBE (basado en Ref. 21)

Durante los terremotos, las edificaciones históricas de adobe, independientemente de su alto valor arquitectónico o cultural, son vulnerables a sufrir el mismo daño que cualquier otra estructura de adobe. En consecuencia, es importante proveer protección adecuada a estas edificaciones para asegurar la protección de vidas humanas y al mismo tiempo preservar su autenticidad.

El Instituto Getty para la Conservación llevó a cabo el Proyecto Getty de Adobe Sísmico (PGAS) con el propósito de desarrollar procedimientos técnicos para prevenir la inestabilidad estructural de las edificaciones históricas de adobe durante terremotos, con un mínimo de intervención en su material original.

Como parte de este proyecto, nueve modelos a escala pequeña (1:5) de edificaciones de adobe fueron ensayados en la mesa vibradora del Centro Sismológico John A. Blume de la Universidad de Stanford en Palo Alto, California, U.S.A. Dos modelos a gran escala (1:2) fueron ensayados durante la fase final del programa de investigación del PGAS en el Instituto de Ingeniería Sísmica y de Ingeniería Sismológica (IZIIS) de la Univesidad “SS. Cyril Methodius” de Skopje, República de Macedonia..

Los elementos de reforzamiento que demostraron ser efectivos fueron:

- Tiras de nylon, hechas de nylon tejido flexible de 0.3 cm de ancho. Éstas fueron colocadas horizontal y verticalmente, formando un lazo alrededor de toda la edificación o alrededor de un muro individual. Las tiras pasaban a través de

pequeños huecos en el muro y los dos extremos fueron amarrados firmemente. Las tiras verticales fueron muy efectivas para reducir el riesgo de colapso del muro fuera de su plano.

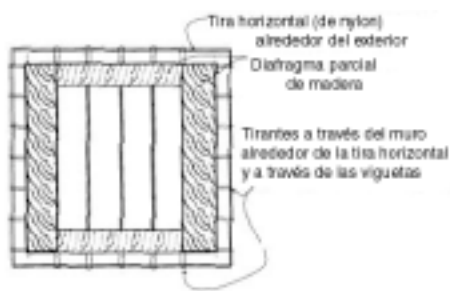


Figura 23 – Planta del Ático del Módulo Ensayado, Mostrando Medidas de Reforzamiento Aplicadas al nivel del Piso (Tolles y otros, 2000)

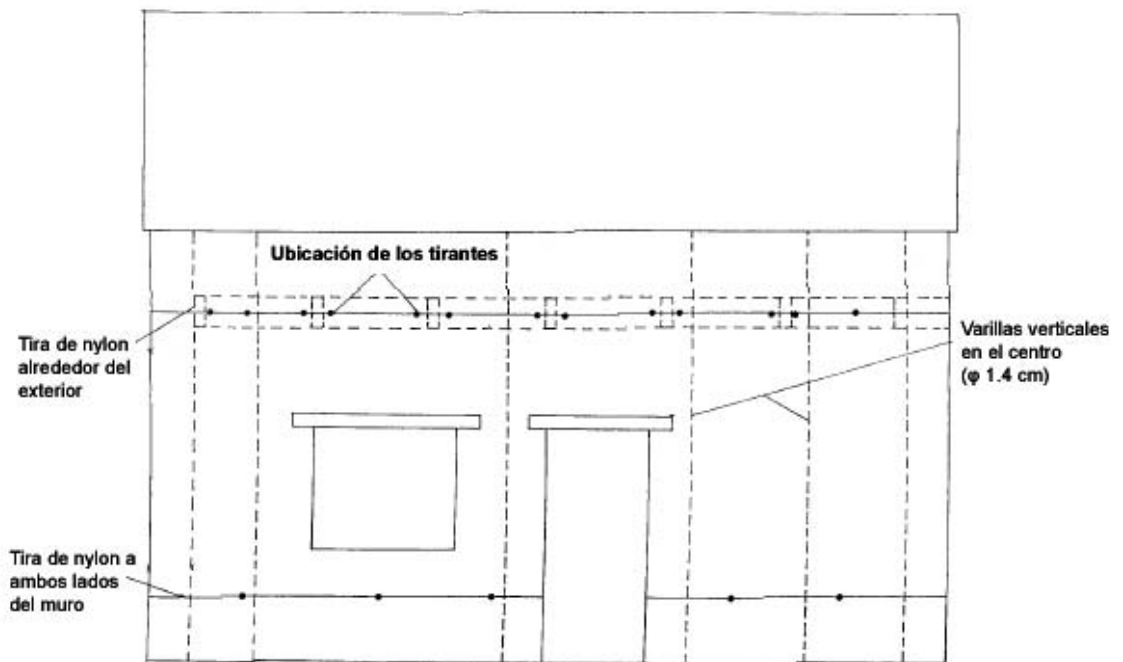


Figura 24 – Elevación de Módulos Mostrando el Sistema de Refuerzo Aplicado al Muro Exterior (Tolles y otros, 2000)

- Elementos verticales en el núcleo central consistentes en varillas de acero de 0.30 o 0.48 cm de diámetro anclados con mortero epóxico. Las varillas son taladradas directamente dentro del adobe después de cavar en forma de V cada extremo. Se encontró que estos elementos fueron especialmente efectivos en retardar y limitar el daño tanto en los muros paralelos como perpendiculares a la sollicitación.

- Vigas de amarre de madera ancladas a los muros con tornillos de hilo grueso o diafragmas parciales de madera.
- Tirantes de cordón de nylon fueron instalados para reducir el desplazamiento diferencial entre fisuras y para proveer una conexión a través del muro.

CONCLUSIONES

Algunas reglas para el comportamiento sísmico mejorado de las construcciones de adobe se resumen a continuación.

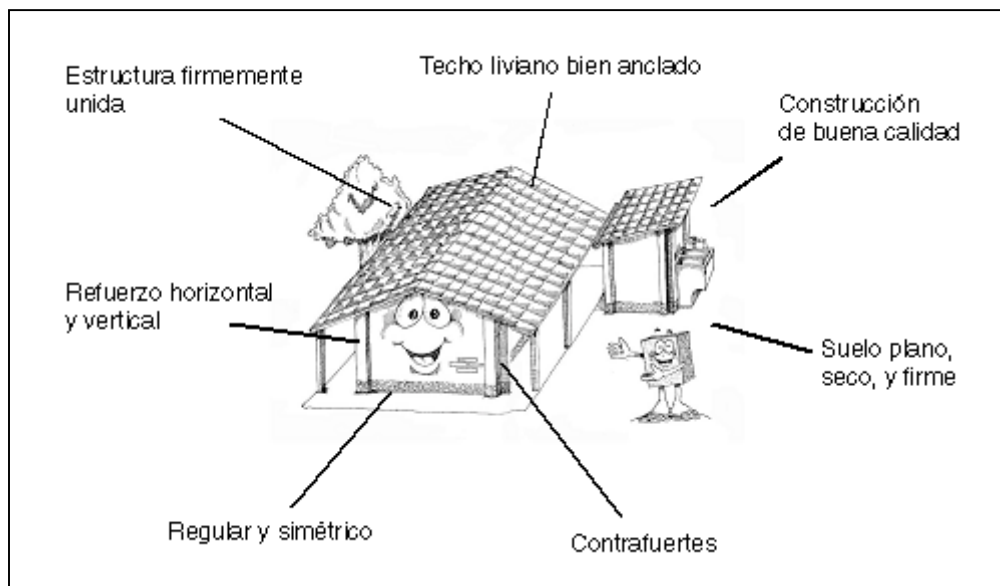


Figura 25 – Guía para una Construcción de Adobe Resistente a los Terremotos (Esquema por Equipo Maíz, 2001, texto por Dowling 2002)

LECTURA ADICIONAL

- 1) Bariola, J., Blondet, M., Torrealva, D., and Vargas, J. (1986) Comportamiento Dinámico de Viviendas de Adobe (Dynamic Behavior of Adobe Dwellings) VI Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Cajamarca, Perú.

http://www.world-housing.net/Tutorials/AdobeTutorial/Reference_1.pdf

- 2) Blondet, M., Torrelva, D., and Villa Garcia, G. (2002). Adobe in Peru: Tradition, Research and Future. Modern Earth Building 2002 – International Conference and Fair, Berlin, Germany.
http://www.world-housing.net/Tutorials/AdobeTutorial/Reference_2.pdf
- 3) CENAPRED, Métodos de Refuerzo para la Vivienda Rural de Autoconstrucción (Reinforcement Methods for Selfconstruction of Rural Housing), México City, México
http://www.world-housing.net/Tutorials/AdobeTutorial/Reference_3.pdf
- 4) Coburn, A., Hughes, R., Pomonis, A., Spence, R. (1995). Technical Principles of Building for Safety. Intermediate Technology Publications, London, UK.
- 5) CTAR/COPASA, GTZ, PUCP, SENCICO (2002) Terremoto? ¡Mi casa si resiste! (Earthquake? My house withstands!), Arequipa, Perú.
- 6) De Sensi, B, 2003, Terracuda, La Diffusione Dell'architettura Di Terra (Soil, Dissemination of Earth Architecture), (www.terracuda.com/architetturadiffusione.htm).
- 7) Dowling, D.M. (2002). Improved Adobe in El Salvador. Powerpoint Presentation to EERI, Oakland, CA.
http://www.world-housing.net/Tutorials/AdobeTutorial/Reference_7.pdf
- 8) Dowling, D.M., (forthcoming). Adobe Housing in El Salvador: Earthquake Performance and Seismic Improvement, Geological Society of America Special Paper on Natural Hazards in El Salvador.
- 9) EERI (2003). World Housing Encyclopedia. Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA <http://www.world-housing.net/>
- 10) Equipo Maíz (2001). La Casa de Adobe Sismorresistente (Earthquake Resistant Adobe House). Asociación Equipo Maíz, El Salvador, 91p.
- 11) Houben, H. and Guillaud, H. (1994). Earth Construction – A Comprehensive Guide. ITDG Publishing, London, UK.
- 12) IAEE (1986). Guidelines for Earthquake-Resistant Non-Engineered Construction. International Association for Earthquake Engineering, Tokyo, Japan.
http://www.nicee.org/NICEE/Manuals/iaee/iaeemanual_1.html
- 13) PUCP/CIID, Nuevas Casas Resistentes De Adobe. (New Earthquake Resistant Adobe Houses) Pontificia Universidad Católica del Peru, Centro Internacional de Investigacion Para el Desarrollo (CIID), Lima, Peru.
http://www.world-housing.net/Tutorials/AdobeTutorial/Reference_13.pdf
- 14) RESESCO (1997). Reglamento para la seguridad estructural de las construcciones: folleto complementario adobe (Regulations for the structural security of constructions: complementary brochure adobe). Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos, Ministerio de Obras Publicas, El Salvador, 36 p.
- 15) USAID, Peru Earthquake Fact Sheet #6, FY 2001,
<http://www.reliefweb.int/w/rwb.nsf/vLND>

- 16) USAID, El Salvador Earthquakes January 13 and February 13, 2001, Consolidated Data by Department, <http://www.releifweb.in/w/map.nsf/wByCLatest>
- 17) Vargas, J., Bariola, J., and Blondet, M. (1984). Seismic Strength of Adobe Masonry. Summary of a research project sponsored by the US Agency for International Development (AID), Lima, Peru.
- 18) Zegarra L., Quiun D., San Bartlomé A., Gisecke A. (1997). Reforzamiento de Viviendas de Adobe Existentes. 1era Parte: Ensayos Sísmicos de Muros ‘U’ (Reinforcement of Existing Adobe Houses. 1st Part: Seismic Tests of “U” Shaped Walls), Summary of a research project sponsored by CERESIS-GTZ-PUCP, XI CONIC, Trujillo, Perú.
- 19) Zegarra L., Quiun D., San Bartlomé A., Gisecke A. (1997). Reforzamiento de Viviendas de Adobe Existentes. 2da Parte: Ensayos Sísmicos de Módulos (Reinforcement of Existing Adobe Houses. 2nd Part: Seismic Tests of Housing Modules), Summary of a research project sponsored by CERESIS-GTZ-PUCP, XI CONIC, Trujillo, Perú
- 20) Zegarra L., Quiun D., San Bartlomé A., Gisecke A. (2001). Comportamiento Ante el Terremoto del 23-06-2001 de las Viviendas de Adobe Reforzadas en Moquegua, Tacna y Arica (Behaviour of Reinforced Adobe Houses in Moquegua, Tacna and Arica during the 23-06-2001 Earthquake), XIII CONIC, Puno, Perú.
- 21) Tolles, E.L., Kimbro, E.E., Webster, F.A., Ginell, W.S. (2000). Seismic Stabilization of Historic Adobe Structures – Final Report of the Getty Seismic Adobe Project, GCI Scientific Program Reports, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, CA. <http://www.getty.edu/conservation/resources/seismicstabilization.pdf>
- 22) Tolles, E.L., Kimbro, E.E., and Ginell, W.S. (2002). Planning and Engineering Guidelines for the Seismic Stabilization of Historic Adobe Structures, GCI Scientific Program Reports, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, CA.