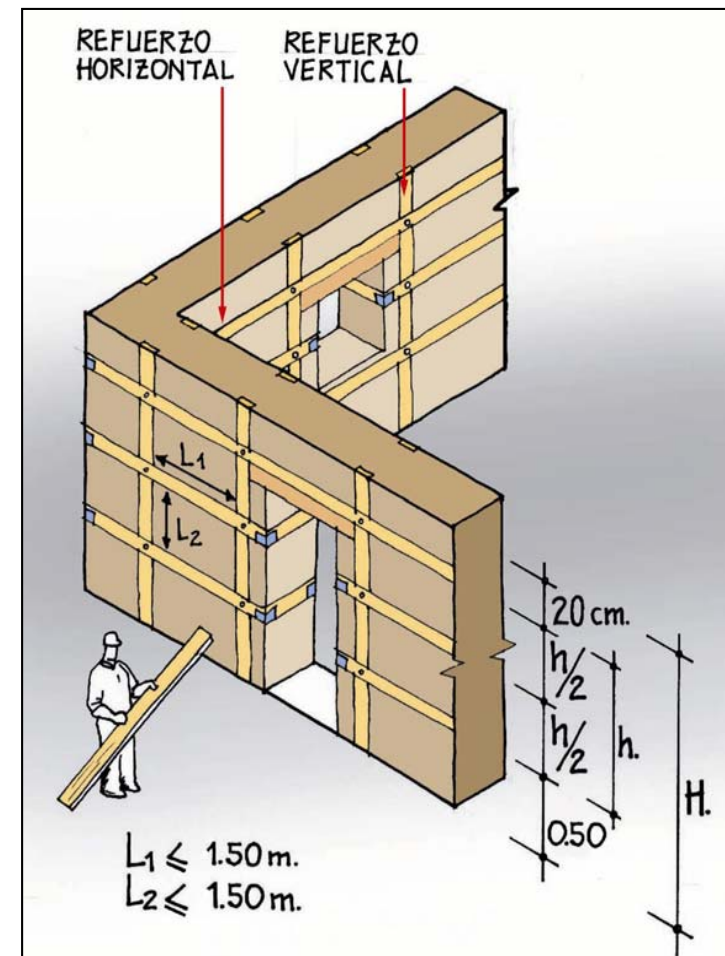
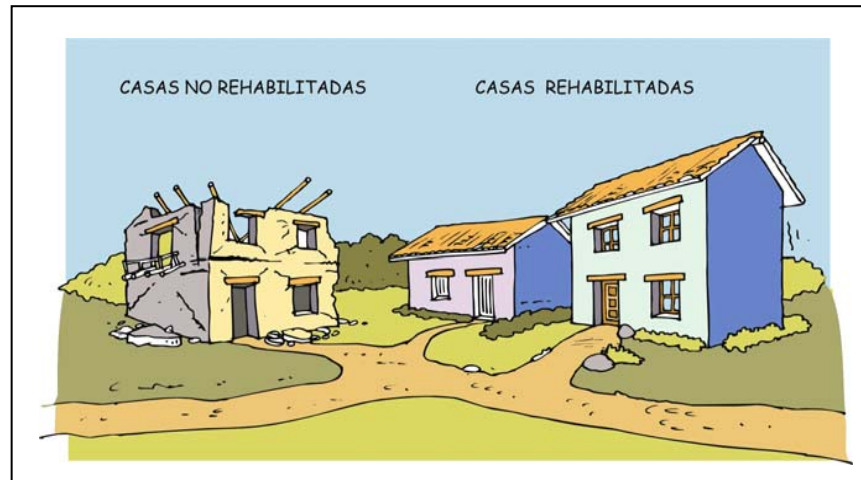


MANUAL PARA LA REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN ADOBE Y TAPIA PISADA





Libertad y Orden

**PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA
RED DE SOLIDARIDAD SOCIAL**

FONDO PARA LA RECONSTRUCCIÓN Y DESARROLLO SOCIAL DEL EJE CAFETERO

***MANUAL PARA LA REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS
CONSTRUIDAS EN ADOBE Y TAPIA PISADA***

Este manual ha sido elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, con el apoyo financiero de la Red de Solidaridad Social de la Presidencia de la República, con recursos del patrimonio autónomo FOREC II del Fondo para la Reconstrucción y Desarrollo Social del Eje Cafetero - FOREC.

RED DE SOLIDARIDAD SOCIAL - PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA
FONDO PARA LA RECONSTRUCCIÓN Y DESARROLLO SOCIAL DEL EJE CAFETERO - FOREC

©ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA - AIS

ais@uniandes.edu.co

<http://www.asosismica.org>

Equipo de trabajo:

Ingeniero Omar Darío Cardona A., *Director General*
Ingeniero Luis Eduardo Yamín L., *Director Técnico*
Ingeniero Camilo Andrés Phillips B., *Coordinador de ensayos*
Ingeniero Juan C. Reyes., *Modelación analítica.*
Ingeniero Santiago Rivero B., *Asesoría en patología de adobe y tapia pisada.*
Ingeniero Rafael Arias T., *Edición manual*

Ilustraciones:

Carlos Alberto Gómez F., *Hormiga*

EJEMPLAR GRATUITO: PROHIBIDA SU VENTA

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1 EFECTOS DE LOS SISMOS EN LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE Y TAPIA PISADA	1-1
DAÑOS EN EDIFICACIONES DE ADOBE Y TAPIA PISADA POR LA ACCION SÍSMICA.	1-3
EDIFICACIONES AFECTADAS POR SISMO	1-4
2 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	2-1
TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS TRADICIONALES	2-3
El Adobe	2-3
Tapia pisada	2-4
EL PROCESO CONSTRUCTIVO	2-5
La cimentación	2-5
Los sobrecimientos	2-7
Los pisos sobre el terreno	2-8
Detalles de la mampostería	2-9
Entrepisos	2-14
Muros en nivel superior	2-18
Cubierta	2-20

3 DEFICIENCIAS CONSTRUCTIVAS QUE CONTRIBUYEN A LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES DE ADOBE Y TAPIA

3-1

VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES DE TIERRA	3-3
Ausencia de cimentación	3-4
Irregularidades en planta y en altura	3-4
Distribución de los muros en planta	3-5
Pérdida de la verticalidad (o plomo) de los muros	3-5
Protección contra la humedad	3-6
Instalaciones eléctricas e hidrosanitarias	3-6
Conexión entre muros	3-7
Recubrimiento de muros	3-7
Entrepisos y ausencia de diafragmas	3-8
Apoyo y anclaje de elementos de entrepiso y cubiertas sobre muros	3-9
Entrepisos muy flexibles o luces muy largas	3-10
Estructuración de cubierta	3-10
Deficiencias en edificaciones de dos pisos	3-11

4 FALLAS TÍPICAS EN VIVIENDAS DE ADOBE Y TAPIA PISADA

4-1

MECANISMOS DE FALLA TÍPICOS EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE Y TAPIA	4-3
Tipo 1	4-3
Tipo 2	4-4
Tipo 3	4-5
Tipo 4	4-6
Tipo 5	4-6
Tipo 6	4-7
Tipo 7	4-7
Tipo 8	4-8

5 ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN SÍSMICA	5-1
¿EN QUÉ CONSISTE LA REHABILITACIÓN SÍSMICA DE VIVIENDAS DE ADOBE Y TAPIA?	5-3
ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN SÍSMICA	5-4
Disminución de peso	5-4
Mejoramiento de entrepisos y de su acción de diafragma	5-5
Plaqueta de concreto	5-5
Vigas corona perimetrales	5-6
Entablado complementario	5-6
Rehabilitación de muros	5-7
Rehabilitación con malla de acero y mortero de arena y cal	5-7
Rehabilitación con elementos de madera confinantes	5-13
Rehabilitación de cubiertas	5-22
Rehabilitación de pañetes y revoques	5-23
6 BIBLIOGRAFÍA	6-1

INTRODUCCIÓN

Los efectos de los terremotos en los últimos 50 años han demostrado que las edificaciones de tierra construidas en adobe y tapia pisada son estructuras que presentan una alta vulnerabilidad sísmica. Estas construcciones en la mayoría de los casos presentan un mal comportamiento ante las fuerzas inducidas por los terremotos, colapsando en forma súbita, incluso ante sismos moderados, lo que ha generado un gran número de pérdidas de vidas humanas e importantes pérdidas económicas, culturales y patrimoniales.

Las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistentes, NSR-98 (Ley 400 de 1997, y sus decretos reglamentarios), incorporaron un aspecto muy importante, común a la expedición de normas sismorresistentes y sus actualizaciones: la evaluación de la vulnerabilidad o daño potencial en caso de terremoto de las edificaciones construidas con anterioridad a la vigencia de la reglamentación. En dicha normativa se definen los criterios con que se deben evaluar las edificaciones existentes con el fin de estimar su vulnerabilidad sísmica y se fijan las pautas para rehabilitar o reforzar las edificaciones cuando su grado de vulnerabilidad es inaceptable.

En el país existen un gran número de viviendas construidas en adobe y tapia pisada. Este tipo de edificaciones, en general, no incluyen elementos de refuerzo adecuados ni se han construido con requisitos de diseño sismorresistente. A esta situación debe sumarse la gran cantidad de edificaciones de mayor escala construidas en estos materiales como son iglesias, edificaciones institucionales, conventos, colegios o escuelas, y otro tipo de construcciones que por sus características imponen mayores exigencias sobre este mismo tipo de sistema constructivo.

La AIS con el apoyo del FOREC y la Red de Solidaridad Social desarrolló un estudio experimental y analítico con el fin de estimar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones construidas con técnicas tradicionales y proponer medidas de rehabilitación y reforzamiento sísmico. Estos estudios permitieron caracterizar estos sistemas constructivos y obtener la información necesaria acerca de las propiedades de los materiales y de los principales elementos que componen las estructuras de este tipo de viviendas. Adicionalmente se realizaron ensayos experimentales en laboratorios de estructuras de varias universidades para proponer técnicas de reforzamiento y rehabilitación de edificaciones existentes de adobe y tapia pisada.

Estos estudios han aportado valiosos conocimientos para la adecuada protección del patrimonio arquitectónico y cultural construido con estos materiales ancestrales, característicos en el territorio nacional. Por esta razón su aplicación contribuye a la reducción del riesgo sísmico al cual están sometidos sus propietarios y usuarios.

Es importante advertir que el objetivo de esta investigación no ha sido estimular la construcción de viviendas nuevas con estos materiales, pues las normas vigentes prohíben su construcción actualmente. Su propósito ha sido ilustrar la manera como se construían en el pasado, identificar sus principales deficiencias ante los terremotos y sugerir la manera como se pueden intervenir o rehabilitar aquellas edificaciones existentes; muchas de ellas de reconocido valor patrimonial.

Este manual se ha realizado, por lo tanto, con el propósito de que sirva como una guía técnica idónea en donde se presentan alternativas de intervención o rehabilitación sísmica para disminuir la vulnerabilidad de las edificaciones existentes de adobe y tapia pisada y así disminuir la pérdida de vidas humanas en caso de presentarse un sismo. Esta guía no ha sido concebida para la construcción de viviendas nuevas ni para la ampliación de viviendas existentes. En cualquier caso, su contenido debe entenderse como una serie de recomendaciones técnicas para la rehabilitación de las viviendas existentes, tal como aquí se definen, y no como una normativa legal para la intervención de estructuras. La AIS no se hace responsable por los resultados de la aplicación incorrecta de las recomendaciones aquí contenidas; en consecuencia, confía que su utilización se realice con la asesoría de un ingeniero civil o un arquitecto competente.

Omar Darío Cardona Arboleda
Presidente
ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA

CAPÍTULO I

EFFECTOS DE LOS SISMOS EN LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE Y TAPIA PISADA

DAÑOS EN EDIFICACIONES DE ADOBE Y TAPIA PISADA POR LA ACCIÓN SÍSMICA

Aunque buena parte de los centros históricos construidos en tierra se mantienen en pie, la experiencia ha demostrado que son vulnerables a los terremotos y que pueden ser afectados notablemente por eventos sísmicos de magnitudes intermedias o altas.

Sismos como el de Cúcuta en 1875, el de Popayán en 1983 o el ocurrido en el Quindío en 1999 ratifican esta realidad y con costos muy altos en términos de vidas humanas y pérdidas de patrimonio.

Las intervenciones estructurales en este tipo de edificaciones deben realizarse cuidadosamente manteniendo un adecuado equilibrio que permita la conservación de las características arquitectónicas del bien inmueble y la seguridad de sus ocupantes.

El que estas edificaciones hayan pasado un largo período en pie y considerar este aspecto como el principal indicio de sismorresistencia puede conducir a equívocos y a consecuencias nefastas cuando se presenta un evento sísmico. Pero también, por otra parte, despreciar la posible capacidad sismorresistente del una edificación adecuadamente rehabilitada puede inducir propuestas de intervención incorrectas que atentan contra el valor cultural, estético y arquitectónico de la edificación.

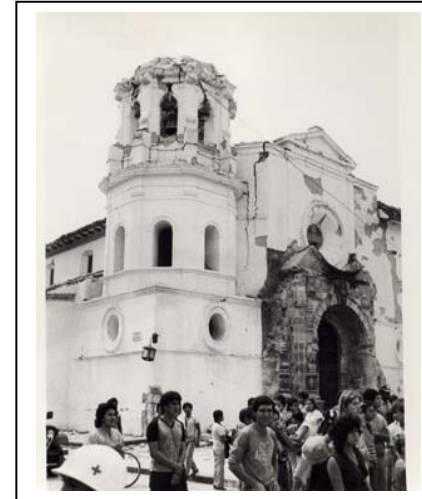
Un conocimiento adecuado de las propiedades mecánicas de las construcciones de adobe y tapia pisada y de las diferentes alternativas de rehabilitación facilita la selección de esquemas óptimos que permiten integrar los criterios de seguridad con los de conservación patrimonial.



EDIFICACIONES DE TIERRA AFECTADAS POR SISMOS



EDIFICACIONES DE TIERRA AFECTADAS POR SISMOS



EDIFICACIONES DE TIERRA AFECTADAS POR SISMOS



CAPÍTULO II

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS TRADICIONALES

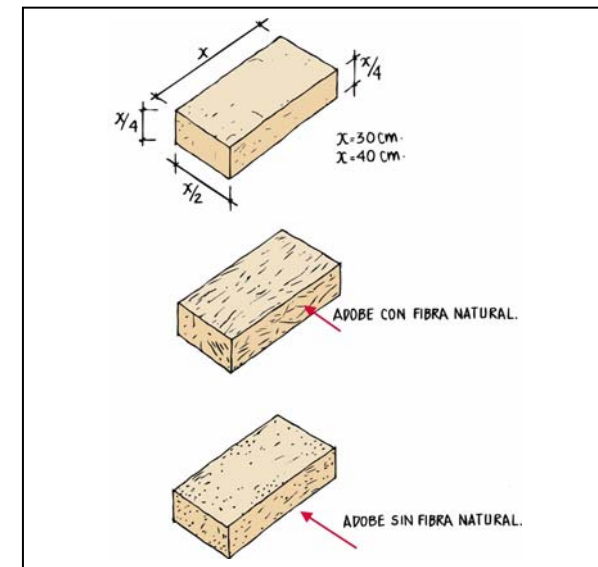
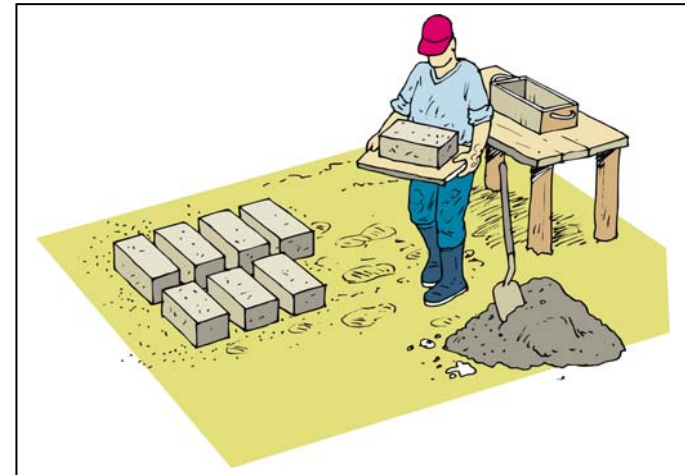
• EL ADOBE

Esta técnica se basa en piezas macizas o unidades de barro sin cocer. Las dimensiones de las piezas son muy variables y responden tanto a la tradición como a criterios constructivos. Las dimensiones promedio pueden variar desde 0.30 m de largo x 0.15 m de ancho y 0.07 m de alto hasta dimensiones del orden de 0.40 m de largo x 0.20 m de ancho x 0.10 m de alto. En general los ladrillos de adobe se elaboran manteniendo una proporción de $1: \frac{1}{2}: \frac{1}{4}$, entre el largo, el ancho y la altura de la pieza.

Los adobes se elaboran colocando el barro humedecido en un punto cercano a la plasticidad en moldes de madera con las dimensiones deseadas. Pasados un par de días y una vez contraídos por el secado, se retiran los moldes y los adobes se dejan secar al aire libre desde 15 días hasta un mes sin la acción directa del sol.

El mortero de pega se hace con el suelo del terreno siempre y cuando este proporcione una buena cohesión. Si la cohesión no es suficiente se le agrega cal. En algunos casos al mortero también se le adiciona paja para mejorar su resistencia a la tensión. En general el espesor de las juntas de mortero es del orden de 2 cm.

Frecuente para mejorar las condiciones del suelo se adicionaban otros materiales como fibras naturales (paja y estiércol de caballo), cal e incluso sangre de toro.



TAPIA PISADA

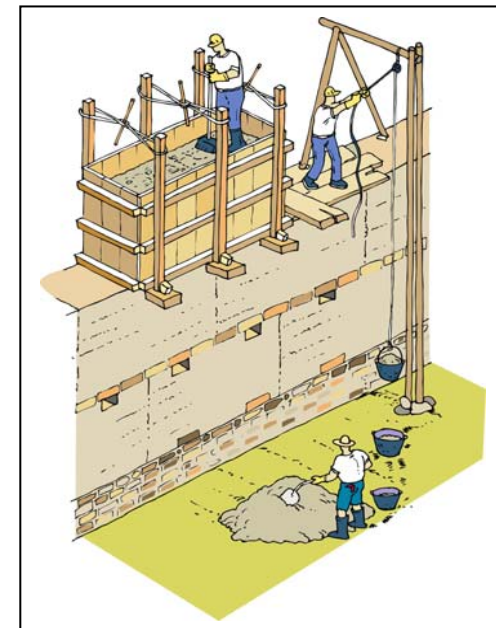
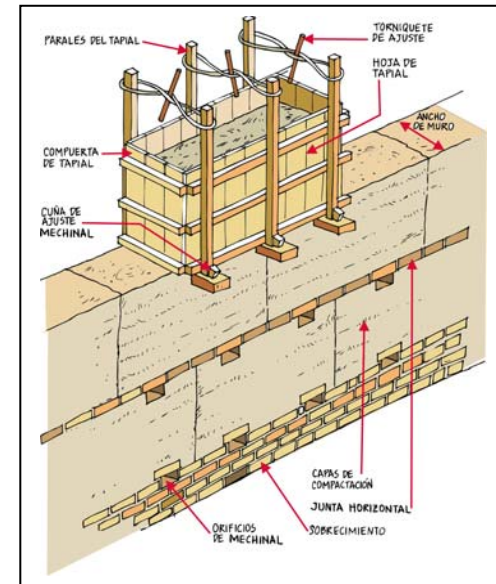
Esta técnica se basa en compactar tierra en capas de 0.10 m. La compactación se hace con una herramienta elaborada en obra denominada pisón. Se trata de un instrumento de madera similar a un remo aunque la forma y el peso varían de una región a otra. La compactación se hace dentro de una formaleta denominada tapial que consta de dos tableros de madera de 2.0 m de largo por 1.0 m de alto llamados hojas de tapial y dos compuertas que dan el ancho del muro. Las dimensiones de las hojas de tapial no son estándar. Varían de una región a otra al igual que el pisón.

Las hojas de tapial descansan sobre tres elementos horizontales transversales llamados mechinales. Los mechinales tienen en sus extremos unas cajas donde se instalan los parales que son elementos verticales que ajustan las hojas del tapial para que no se abran con el continuo impacto del pisón.

La parte superior de los parales se ajustan con un amarre de fique. Una vez se termina de pisar la sección, se desmonta el tapial y se desplaza horizontalmente para pisar una nueva sección. Al desmontar el tapial y extraer los mechinales quedan unos orificios que atraviesan el muro y que son característicos de este sistema constructivo.

El grupo de trabajo en general consta de cuatro personas:

- Pisón y contrapisón: encargados de la compactación (el pisón es quien usualmente tiene el mando y la experiencia).
- El zurronero: su labor es proveer constantemente de tierra al tapial.
- El preparador de tierra: encargado de extraer la tierra y desmoronarla.



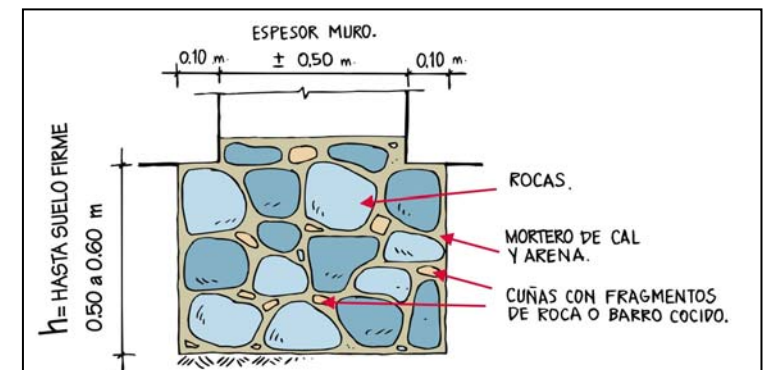
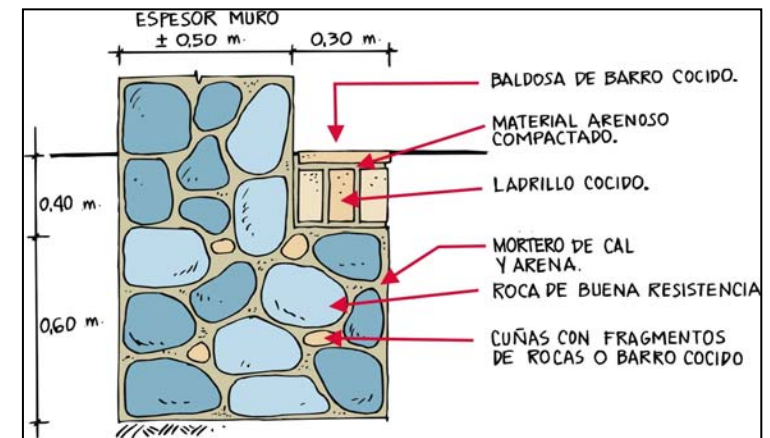
EL PROCESO CONSTRUCTIVO

• LA CIMENTACIÓN

La cimentación se construye con base en vigas corridas en roca y material de relleno conformando un entramado de vigas bajo los muros principales de la edificación. En general la profundidad de la cimentación alcanza el suelo firme por debajo de la capa orgánica.

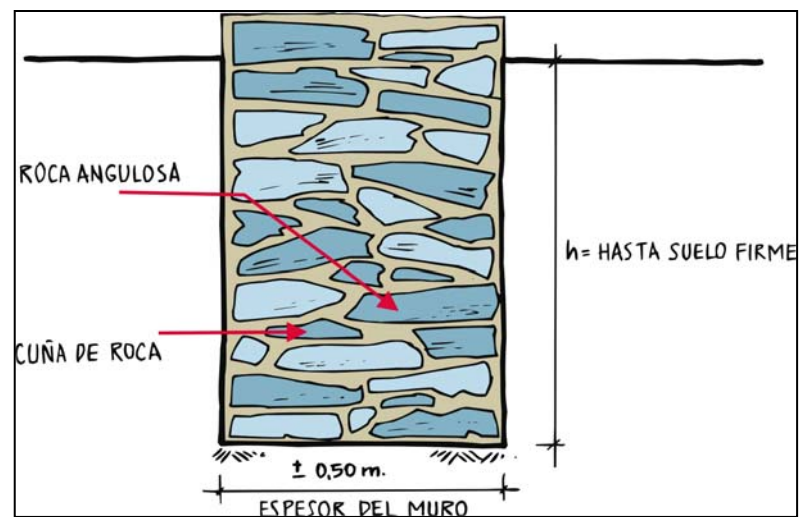
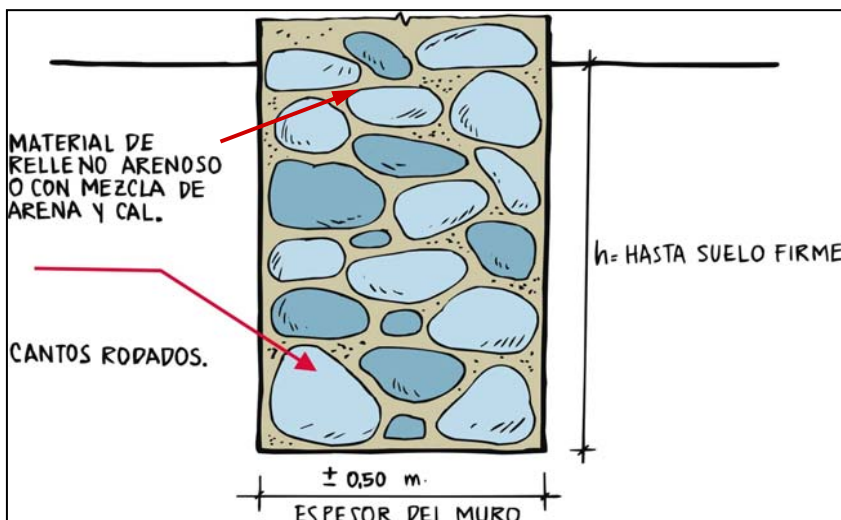
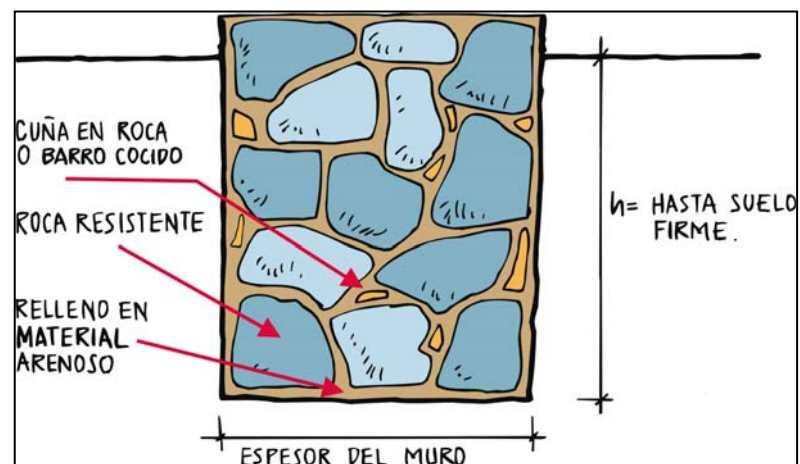
Las formas más frecuentes de cimentación son en "L", en "T" invertida o cimentación prismática del mismo ancho del muro.

Las rocas que constituyen el material principal de la cimentación pueden ser de tipo anguloso, redondeado o una mezcla de los dos. Los fragmentos angulosos pequeños permiten el agarre entre elementos mayores y sirven de cuña para nivelar las rocas. Los fragmentos de tipo redondeado provienen generalmente de ríos y quebradas. Al igual que en el caso anterior, los cantos rodados se traban acuñándose con guijarros.



Algunas veces los espacios entre las rocas que conforman la cimentación se dejan vacíos. Otras veces se llenan con material arenoso que facilita su colocación y en muchas ocasiones se utiliza cal y canto como cementante.

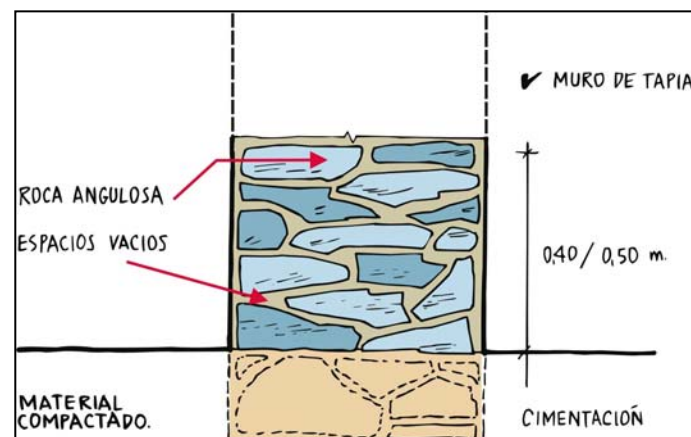
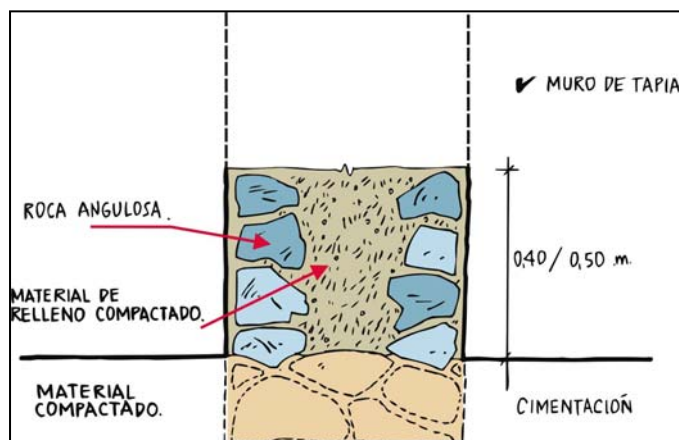
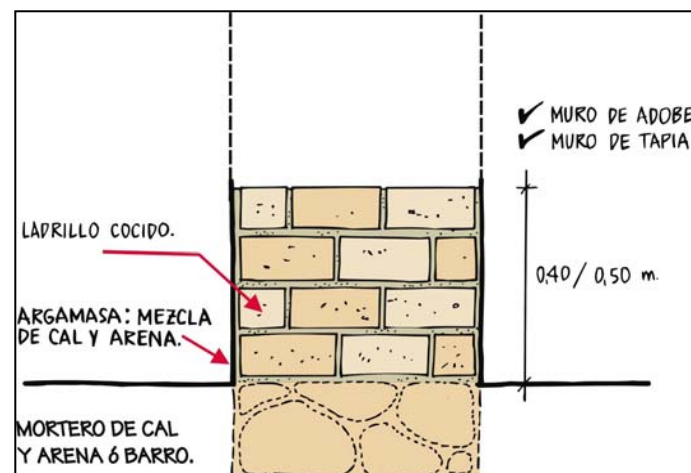
Cuando la construcción se ubica en un terreno inclinado, la cimentación se proyecta hasta la cota superior del piso conformando espacios vacíos los cuales se utilizan normalmente como despensas, cavas o cuartos de herramientas.



• LOS SOBRECIMIENTOS

Por encima de la cota del terreno hasta donde llega la cimentación se proyecta el sobrecimiento en material rígido y resistente. El sobrecimiento tiene como propósito proteger el muro de tierra en tapia o adobe de la humedad, de la acción del agua superficial y de goteo y de otras acciones agresivas que ocurren a nivel de piso, y conformar la base definitiva de asiento de los muros. Los sobrecimientos ascienden generalmente hasta 0.50 m pero pueden proyectarse hasta alturas mayores siguiendo un alineamiento en el muro totalmente irregular. Generalmente se cubren con un pañete más grueso que el resto del muro y se pintan de un color oscuro para generar una mayor protección.

Los sobrecimientos se construyen con ladrillo cocido sentado con cal y canto o barro con fragmentos de roca equivalentes a los de la cimentación. Los vacíos que quedan hacia la parte externa del sobrecimiento se nivelan con pañete.



• LOS PISOS SOBRE EL TERRENO

La conformación de los pisos es en general independiente del tipo y conformación de la cimentación y del sobrecimiento.

BASE EN LADRILLO COCIDO

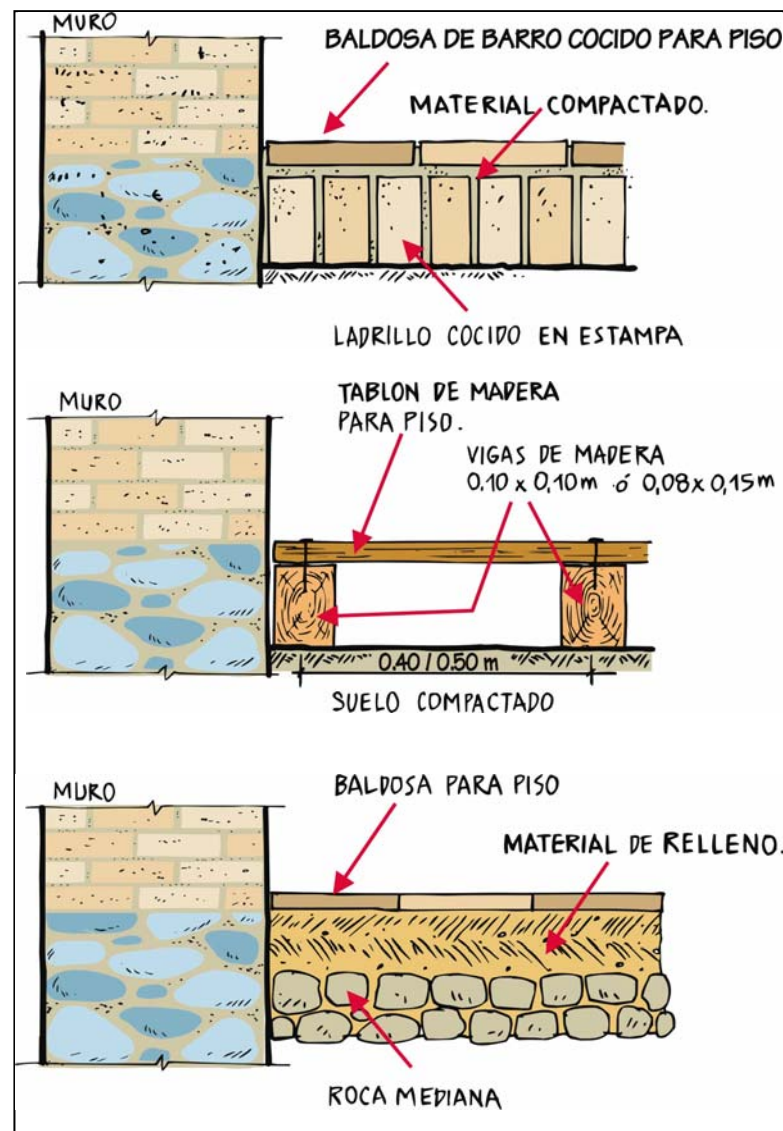
El suelo original del predio se nivela y compacta. Sobre él se instalan ladrillos cocidos en estampa. Generalmente los ladrillos se colocan en diagonal alternando el sentido por cada fila formando una espina de pescado. Los ladrillos se colocan en general a presión sin ningún ligante en una técnica que se denomina brecha perdida aunque a veces se utiliza una fina capa de cal y canto o arena a manera de llenante y sellante.

ESTRUCTURA DE MADERA

Sobre el suelo compactado se colocan unas vigas de madera con sección promedio $0.10 \text{ m} \times 0.10 \text{ m}$ separadas cada 0.50 m aproximadamente. Sobre ellas y en sentido ortogonal se colocan listones de madera de 0.10 m de ancho, 0.02 m de espesor y de longitud variable.

BASE EN ROCA, SUELO COMPACTADO Y BALDOSA

Se trata de una capa de roca mediana triturada y compactada sobre la cual se coloca una capa de 0.10 m de material arenoso sobre este se instala a su vez el piso conformado por elementos planos de arcilla cocida o baldosas de cemento.



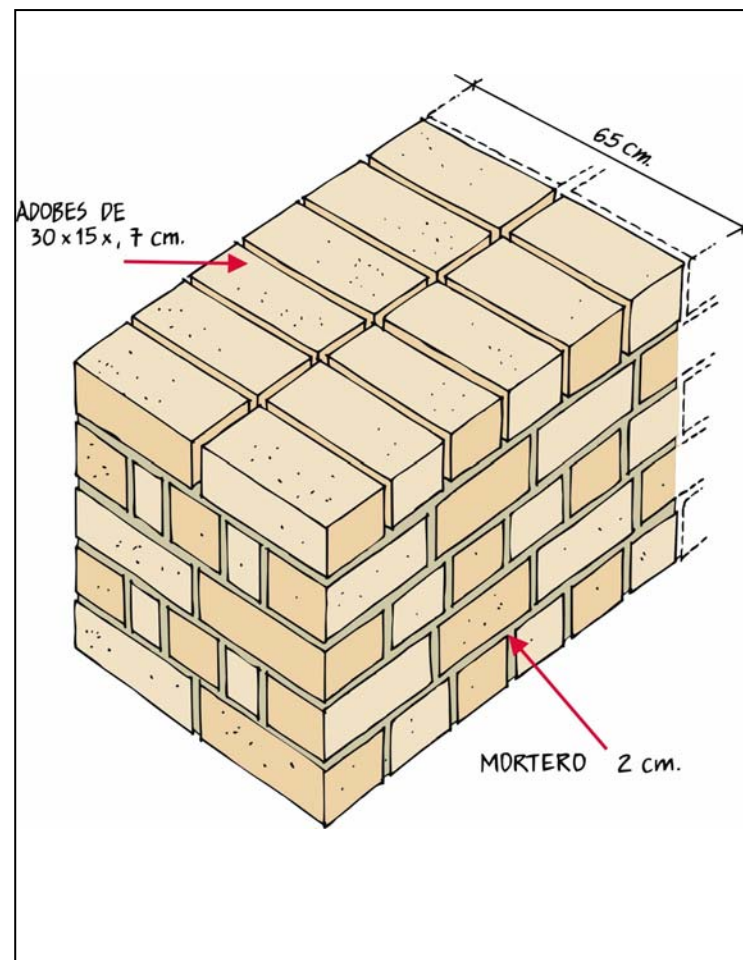
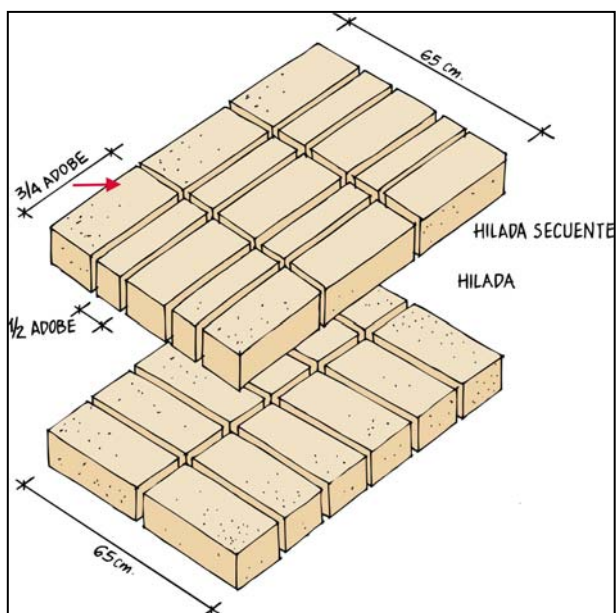
• DETALLES DE LA MAMPOSTERÍA

MUROS DE ADOBE

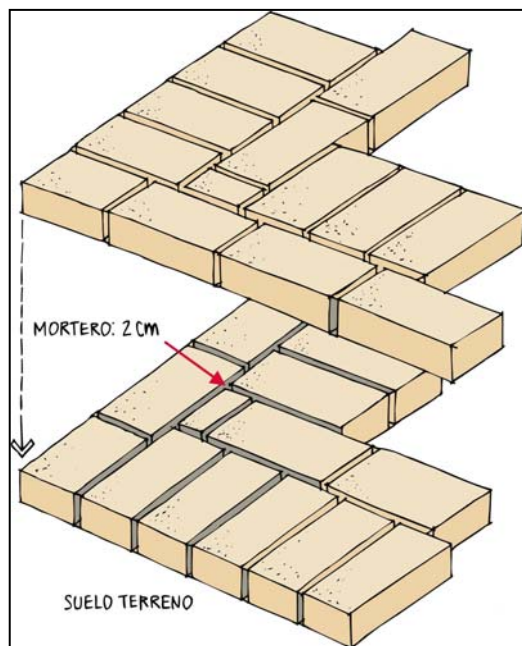
Aparejo de muros

Las figuras ilustran los aparejos más representativos utilizados para muros cargueros (aquellos que soportan la carga vertical del entrepiso o cubierta principalmente) de acuerdo con su exigencia estructural.

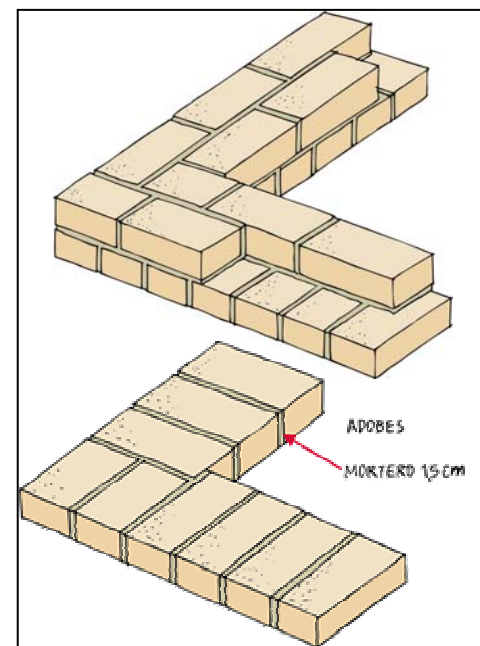
- Una hilada compuesta de dos adobes en tizón y la siguiente de tres en soga con dos medios adobes entre ellos.



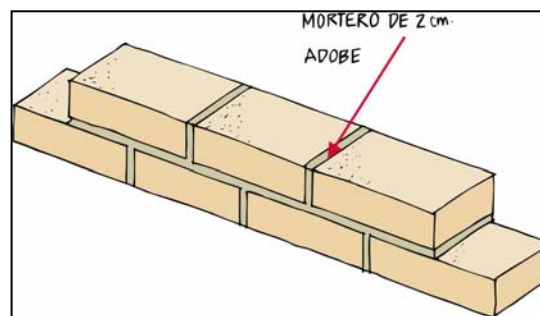
- Hilada compuesta de un adobe en tizón y uno en saga.



- Hilada compuesta por dos adobes en saga y la siguiente en tizón

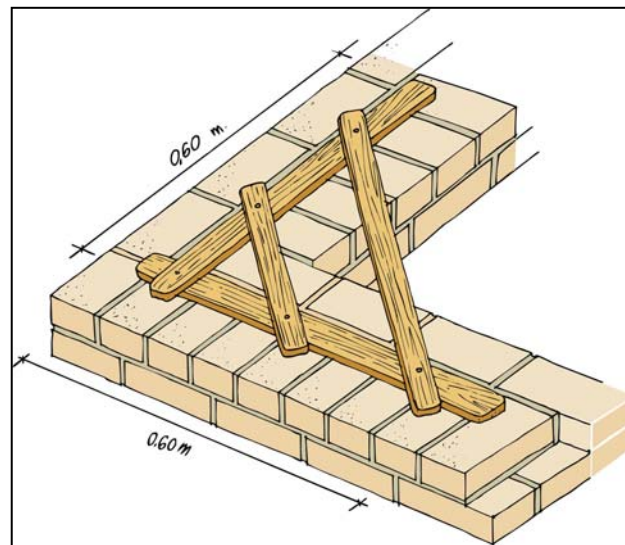


- Hiladas compuestas por adobes dispuestos en saga



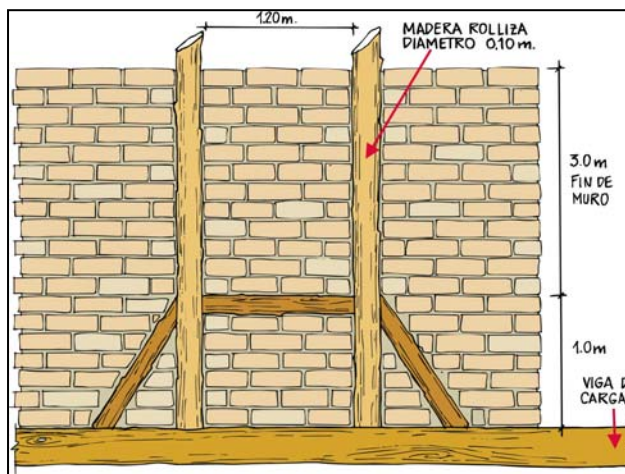
Refuerzos en esquinas

En algunos muros ortogonales se instalan refuerzos de esquina a manera de escuadra conformados por elementos de madera o caña brava. Este elemento de refuerzo se coloca únicamente en la parte superior del muro, a nivel de las vigas de amarre de la cubierta generalmente.



Refuerzos internos en muros divisorios

Algunas veces se incorpora un tipo de refuerzo interno en los muros divisorios que no queda amarrado a los muros principales de la edificación. Este refuerzo se coloca con la intención de mejorar la estabilidad del muro en dirección perpendicular al plano.



MUROS DE TAPIA PISADA

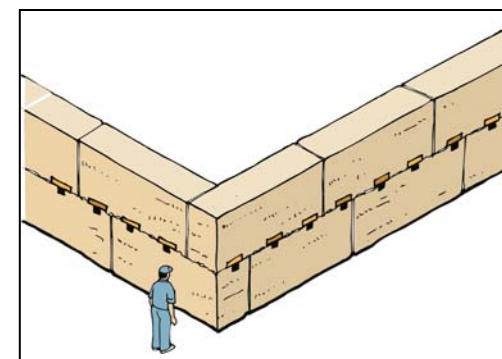
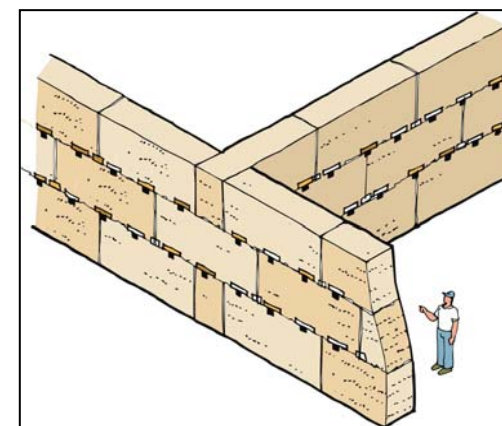
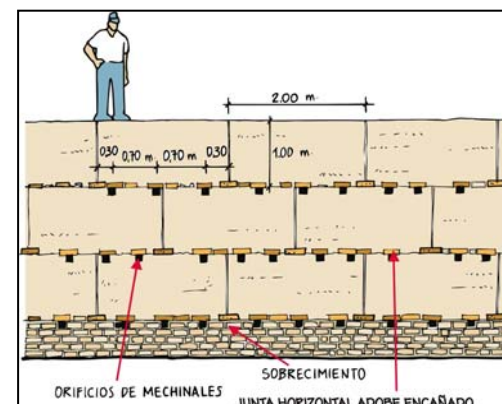
Aparejo de la tapia

Las secciones de tapial se tratan de la misma manera como se levanta un muro con adobes pero de gran tamaño. Para realizar las juntas horizontales se escarifica con un punzón la superficie del muro que recibe la nueva hilada sin colocar ningún tipo de elemento de conexión. En algunas ocasiones se instalan elementos en las juntas horizontales tales como adobes, trozos de teja, de ladrillo cocido, caña o tendidos de esterilla de guadua, todo con el fin de proporcionar una superficie de fricción entre las dos hiladas. También, en algunos casos se colocan adobes para rellenar los orificios de los mechinales.

Construcción de esquinas

Generalmente los encuentros de dos muros principales (por ejemplo uno perimetral y uno carguero) se levantan con disposiciones de trabe similares a las de esquinas de adobe o ladrillo.

En algunos casos los muros divisorios internos no se traban con el muro ortogonal. Ha sido habitual instalar los refuerzos de escuadra en las esquinas entre muros.



Refuerzos internos

Aunque en la mayoría de los casos no se coloca ningún tipo de refuerzo interno en los muros, en algunos casos los muros incluyen refuerzos horizontales en madera, caña o guadua atravesando en general las juntas verticales.

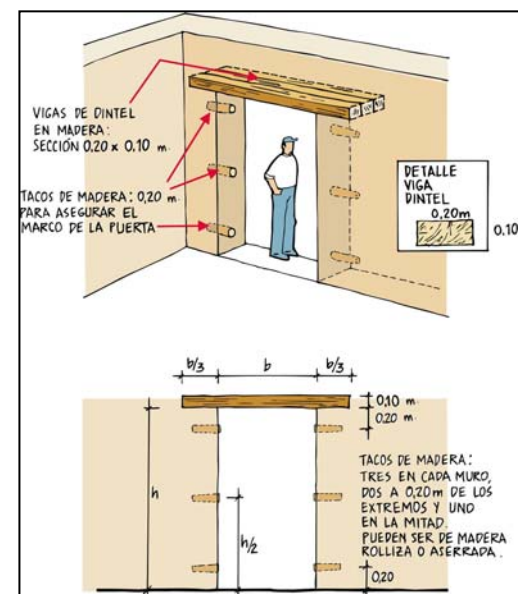
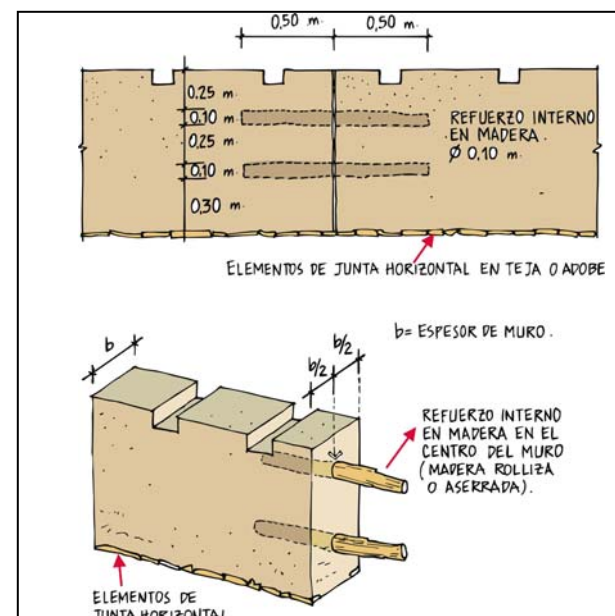
VANOS DE PUERTAS Y VENTANAS

Vano con dintel

Los vanos de las puertas se construyen mediante un gran dintel constituido por dos o más vigas de madera de sección aproximada $0.20 \text{ m} \times 0.15 \text{ m}$ las cuales se empotran en los muros de apoyo al menos 0.40 m a cada lado del vano.

Vano con arco

Los vanos también se desarrollan en algunos casos mediante arcos o semiarcos en ladrillo cocido.



• ENTREPISOS

VIGAS CARGUERAS DE ENTREPISO

Las vigas cargueras de entrepiso se extienden entre muros cargueros conformando la plataforma de apoyo del entrepiso. Estas vigas tienen como función transmitir la carga a las vigas corona de entrepiso, las cuales a su vez se apoyan directamente sobre los muros cargueros.

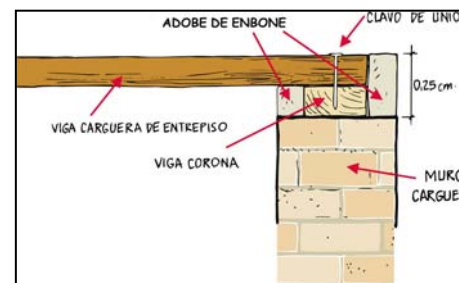
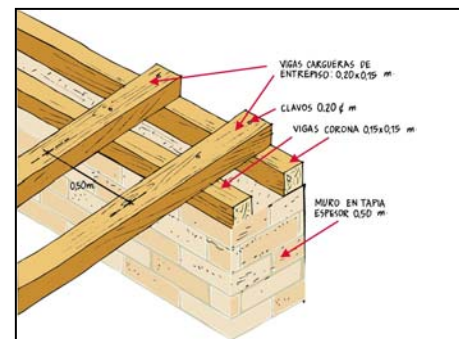
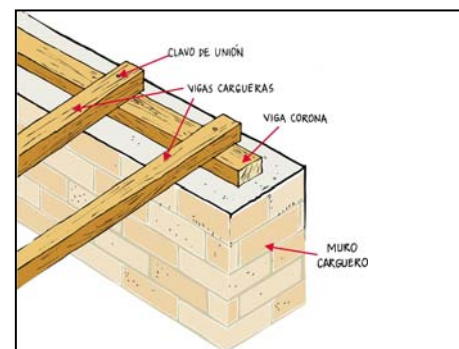
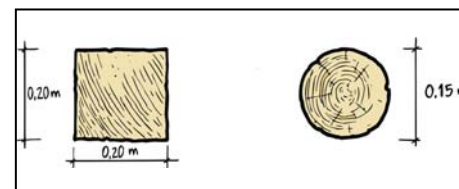
Para estas vigas se utiliza bien sea madera rolliza (0.15 m a 0.20 m de diámetro) o madera de sección rectangular o cuadrada (Sección de 0.20 m x 0.20 m). La separación típica entre vigas cargueras es del orden de los 0.50 m, aunque esta puede llegar hasta valores del orden de 1 m o más.

VIGAS CORONA DE ENTREPISO

Las vigas corona de entrepiso se instalan sobre los muros cargueros y sirven de apoyo directo a las vigas cargueras de entrepiso, transmitiendo las cargas tanto verticales como horizontales a los muros cargueros.

La viga corona sencilla se instala generalmente en el centro del ancho del muro carguero correspondiente. Las vigas corona dobles se instalan en forma paralela y simétrica en el muro carguero, una a cada costado del muro. Estas vigas tienen en general dimensiones menores a las cargueras y a las vigas corona sencillas.

El adobe de embone o encoroce se hace con ladrillos cocidos o con adobes hasta nivelar la cota de la viga para dar continuidad al muro siguiente o la cubierta.



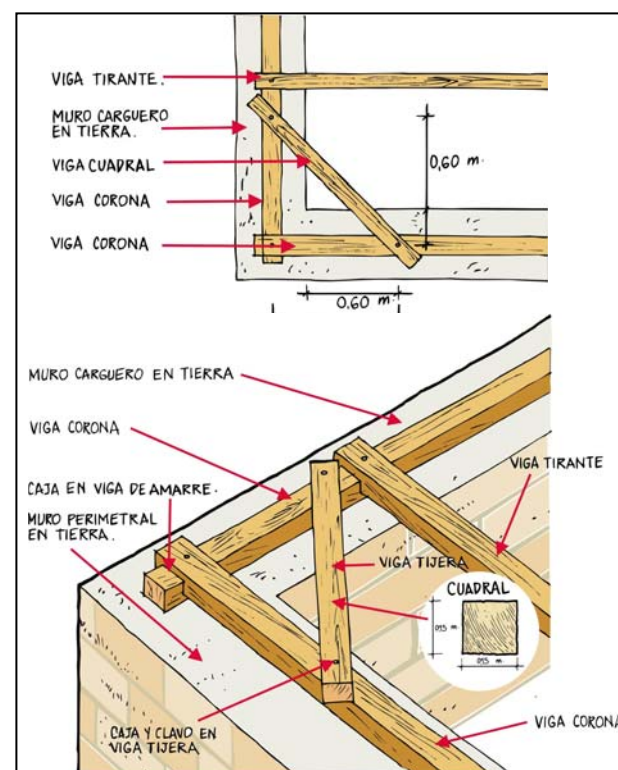
UNIONES VIGA CORONA - VIGA CARGUERA

Las vigas cargueras se apoyaban directamente sobre las vigas corona, conformando en general una caja de unión en una o en las dos vigas. Esta unión se refuerza en general con un clavo de acero.

UNIONES ENTRE VIGAS CORONA EN ESQUINAS

En el remate de los muros para el entrepiso o para la cubierta se colocan en algunos casos elementos de unión en muros ortogonales cargueros y/o perimetrales. Estos consisten en elementos de madera que unen en dirección diagonal las vigas corona. Estos elementos se denominan cuadrales.

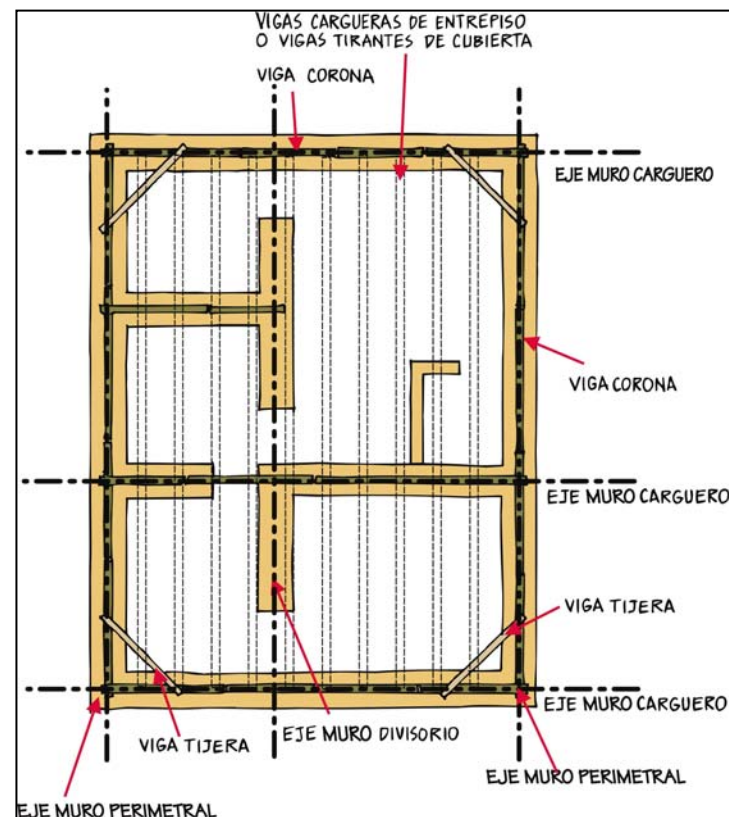
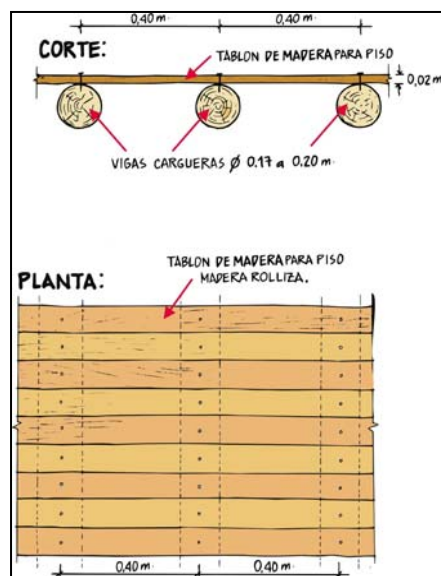
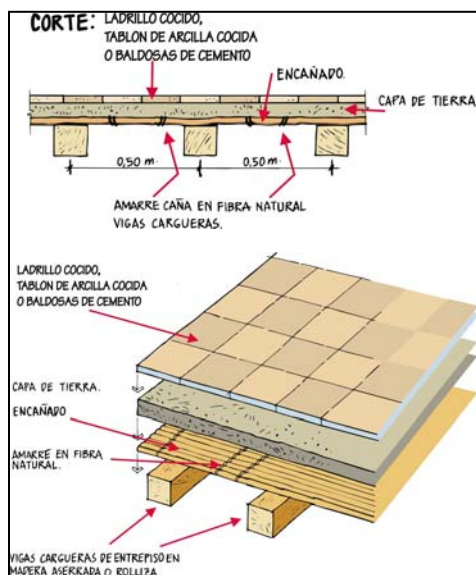
En los ejes de muros no cargueros no se instalan en general vigas corona ni elementos de unión eficientes. Los muros que no tienen la función de cargueros y los muros divisorios quedan generalmente sueltos de los muros cargueros principales.



ACABADOS DE ENTREPISO

Los acabados del entrepiso se construyen normalmente con listones de madera apoyados directamente sobre las vigas cargueras de entrepiso.

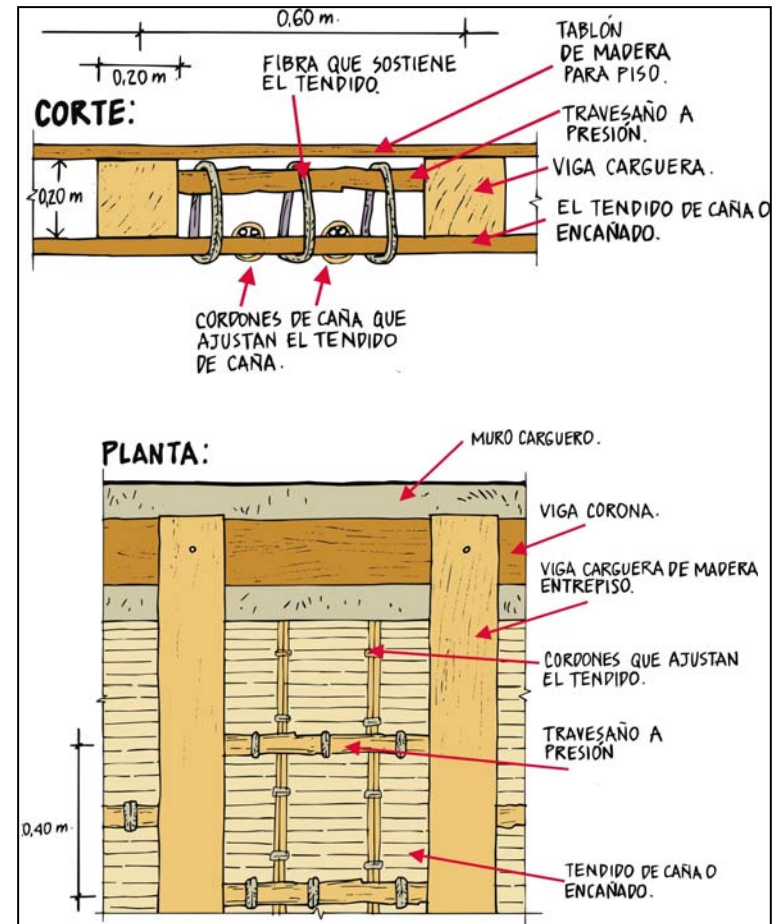
Otra alternativa de mayor aislamiento consiste en instalar sobre las vigas cargueras los listones de madera, que en algunos casos también pueden ser de esterilla de guadua o caña brava. Sobre estos elementos de soporte se coloca una capa de tierra levemente compactada y luego se instala el acabado final de piso conformado por ladrillo cocido colocado en estampa y/o tablón de arcilla cocida o baldosa de cemento.



CIELO RASO

La utilización del cielo raso no es generalizada. En algunos casos se deja el terminado inferior del sistema de entrepiso a la vista pintándolo para mejorar su apariencia. En otros casos se coloca pañete para dar un terminado más uniforme a la madera que conforma el entrepiso.

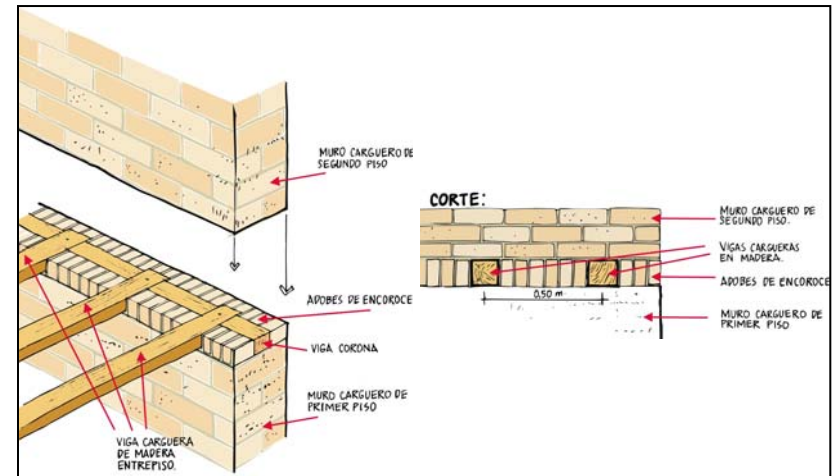
Otro tipo de cielo raso muy utilizado consiste en un tendido de caña, chusque (especie de caña brava propia de clima frío) o guadua el cual se descuelga por medio de cuerdas desde unos elementos de madera horizontales instalados a presión entre las vigas cargueras de entrepiso. El terminado final se realiza mediante una capa de pañete, decorada en algunas ocasiones con yeso y pintura.



• MUROS EN NIVEL SUPERIOR

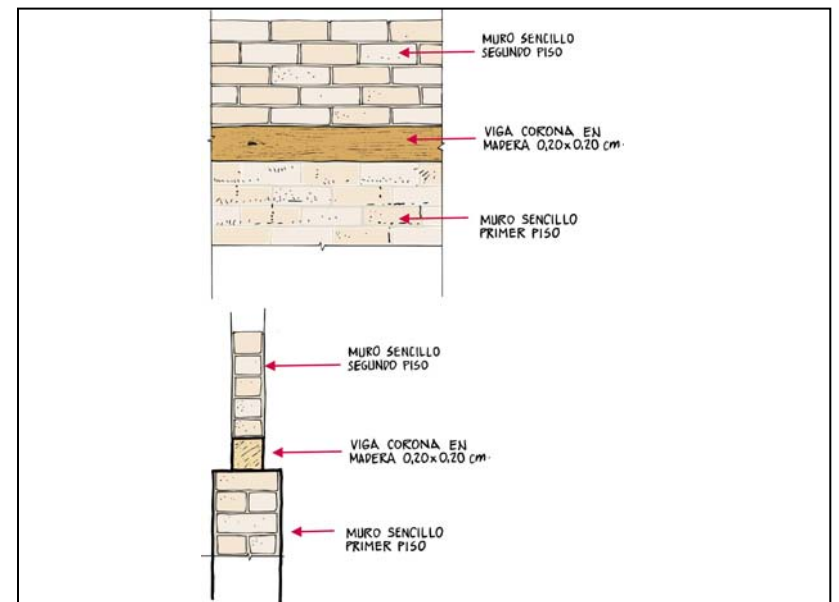
MUROS CARGUEROS

Los muros cargueros del segundo piso son en general continuación de los muros correspondientes en el primer piso y tienden a conservar el mismo tipo de aparejo cuando se trata de muros de adobe. Los muros del segundo piso se apoyan directamente sobre el embone o encoroce del entrepiso, sin ninguna conexión especial.



MUROS DIVISORIOS

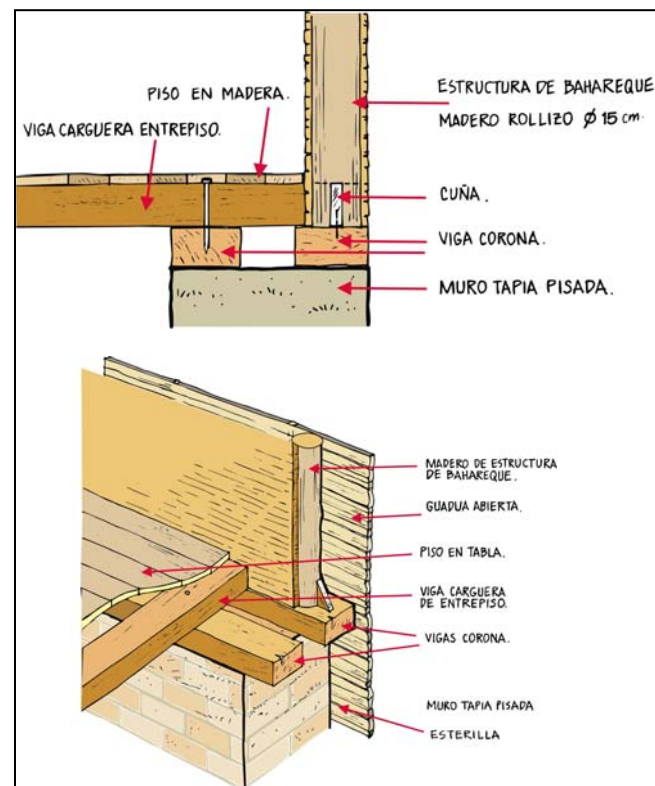
Los muros divisorios se construyen en general en espesores correspondientes al ancho de un adobe simple, con aparejo sencillo, y apoyados directamente sobre el terminado de piso o sobre los muros divisorios del primer piso. También se encuentran muros divisorios de segundo piso levantados directamente sobre el entrepiso sin que necesariamente coincidan con los muros del primer piso.



MUROS SUPERIORES EN BAHAREQUE

Es usual encontrar estructuras en las cuales el primer piso es en adobe mientras que la estructura del segundo piso se construye en bahareque.

La estructura de los muros en bahareque del segundo piso comienza a armarse desde la viga corona de entrepiso con anclajes entre los elementos de madera y guadua mediante clavos y cajas.

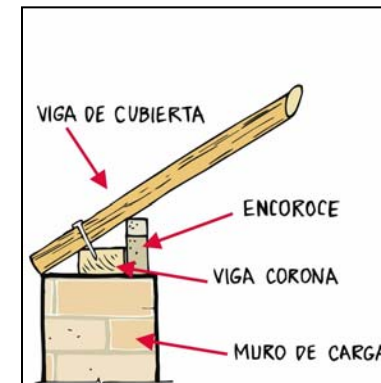
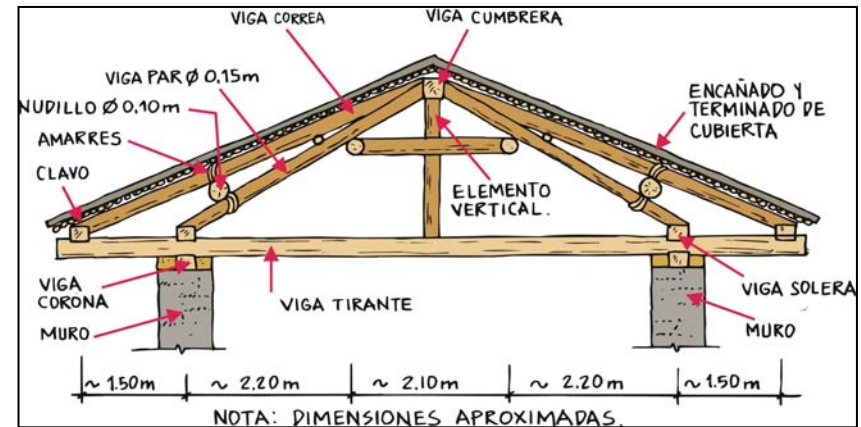


• CUBIERTA

DESCRIPCIÓN

Las viviendas en adobe y tapia pisada presentan gran variedad de tipos de estructura de cubierta. En general se presenta predominio de elementos de madera rolliza, o de elementos aserrados en algunos casos individuales. Una de las estructuras dominantes conocida como la de par y nudillo incluye los siguientes elementos principales:

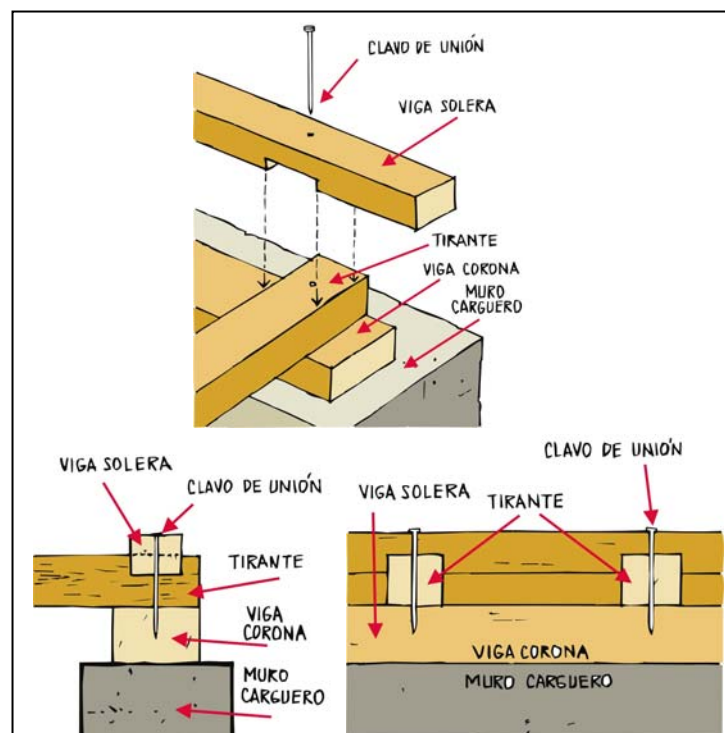
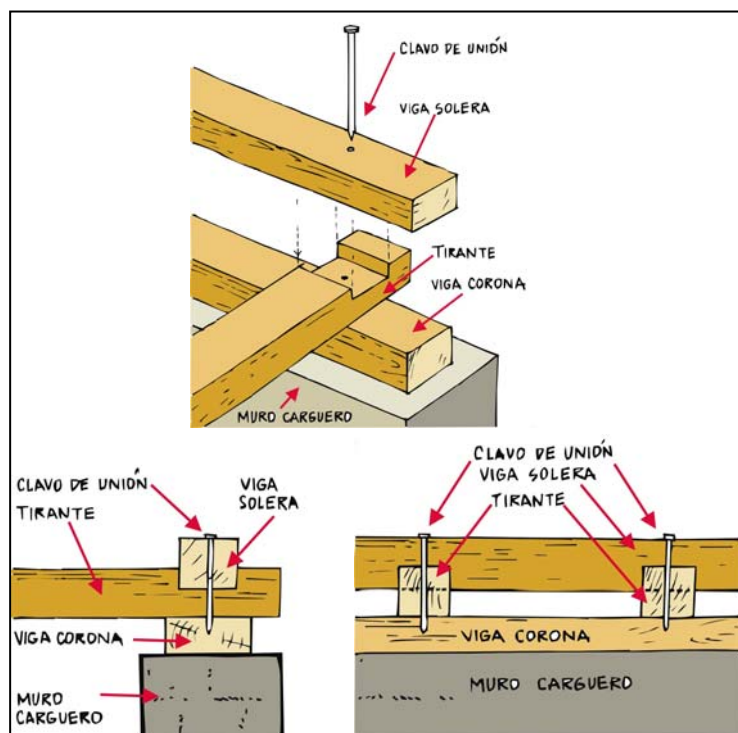
- Viga cumbre: conforma la viga longitudinal principal y recibe las correas
- Vigas correas: vigas principales que sostienen el encañado de techo
- Pares: elementos diagonales
- Tirantes: vigas de madera que atraviesan el vano y reciben las vigas soleras
- Soleras: vigas instaladas en las cajas de los tirantes. Reciben las correas y las vigas pares.
- Nudillos: elementos longitudinales de amarre entre vigas correas y vigas pares.



UNIONES ENTRE LOS ELEMENTOS DE CUBIERTA

Unión viga solera - tirante - viga corona

En general se realizan uniones de vigas solera - tirante - viga corona. La unión se realiza mediante cajas en la viga tirante o en la viga solera para garantizar un buen ajuste. Se utilizan fibras naturales y clavos de hierro para garantizar una unión efectiva entre los elementos. Existen diferentes arreglos, tal como se ilustra en las figuras, donde la caja puede estar en la parte inferior como en la parte superior.

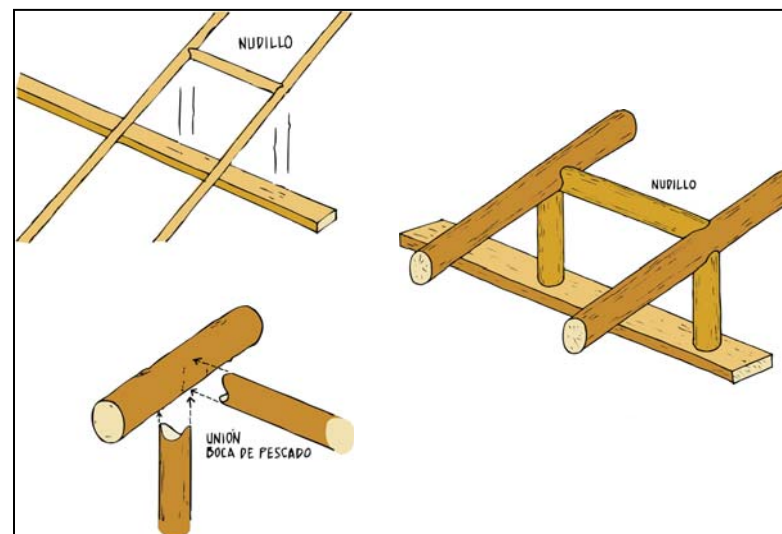
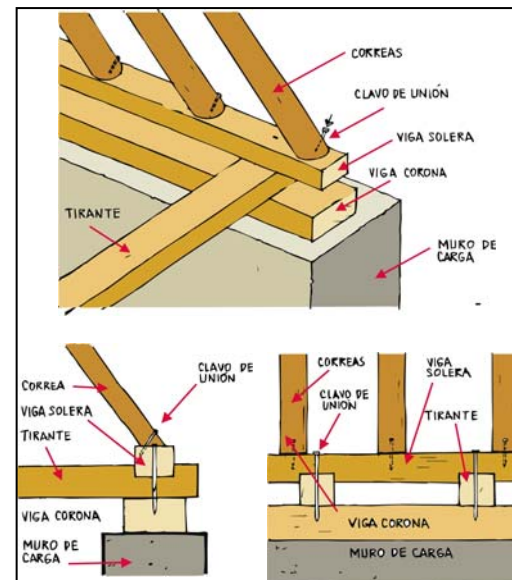
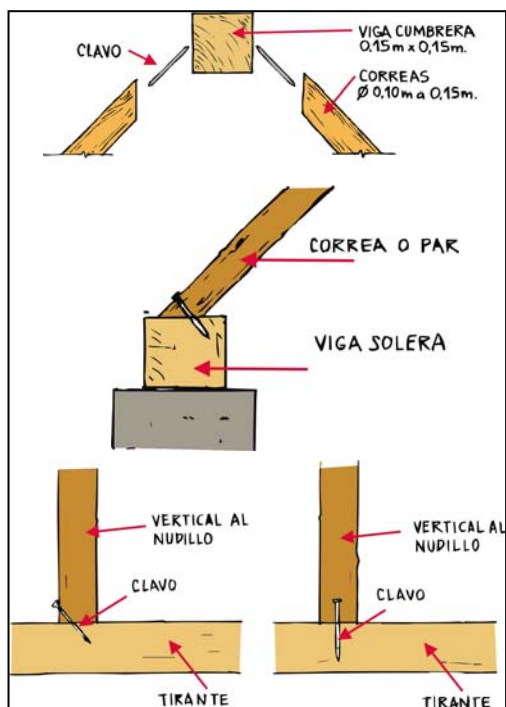


Unión de correas y pares a la cumbrera

Las uniones de correas y pares a la cumbrera y las vigas soleras se hace normalmente mediante chaflanes en las correas o pares con el ángulo de inclinación adecuado, utilizando clavos y fibras naturales para el amarre.

Uniones en los nudillos y en otros elementos horizontales

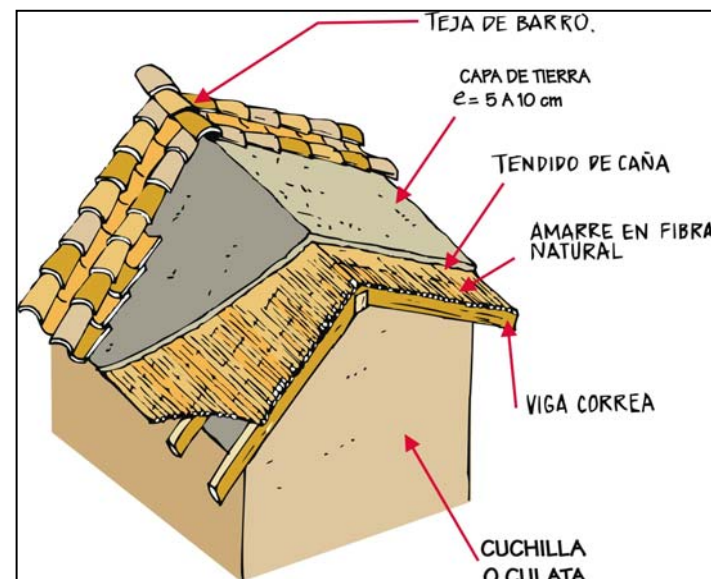
Las uniones entre elementos rollizos en el caso de los elementos verticales y de los nudillos se hacen mediante cajas tipo boca de pescado complementadas con clavos y amarres de fibra natural.



CUCHILLAS

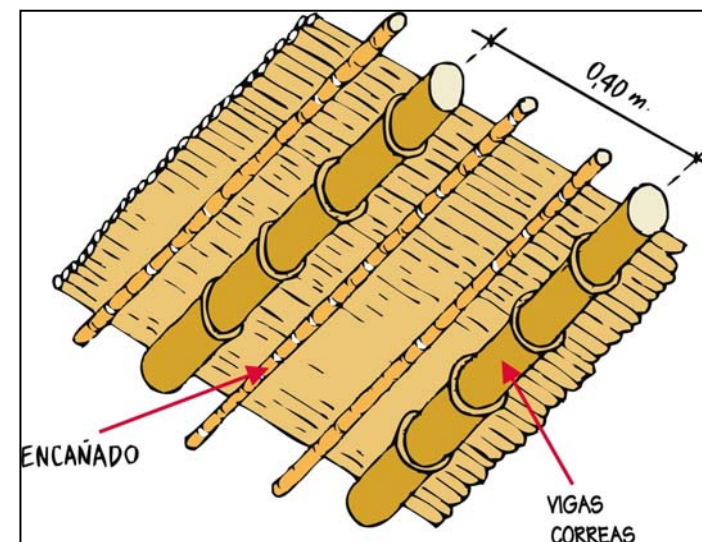
Como elemento de apoyo complementario a la cubierta los muros no cargueros de fachada se prolongan a manera de cuchillas o culatas para apoyar las cerchas correspondientes.

Estos elementos se construyen en general en el mismo material del muro respectivo. En algunos casos para construcciones en adobe se utiliza un espesor de muro menor que el del muro de fachada inferior.



ENTECHADO

El entechado más común consiste en un encañado amarrado con fibra natural apoyado sobre las vigas correas. Sobre el tendido de caña se coloca una capa de tierra sobre la cual se apoyaba directamente la teja de barro cocido.



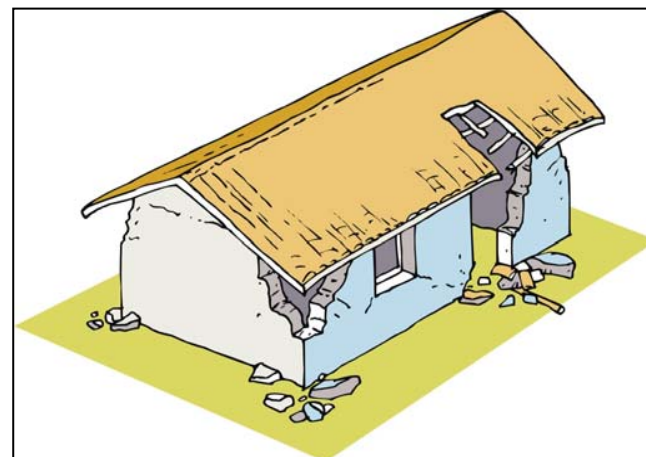
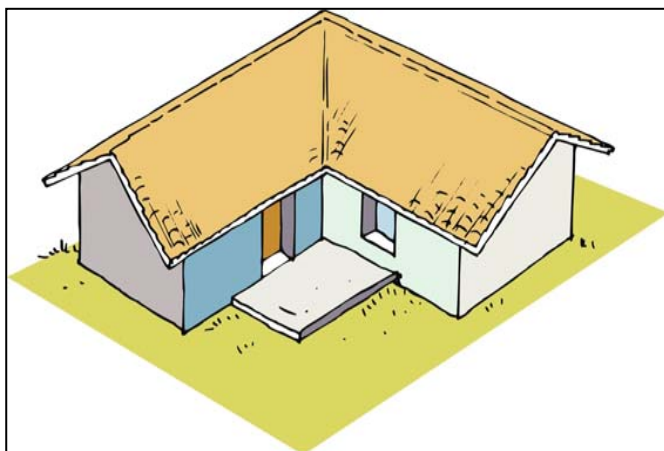
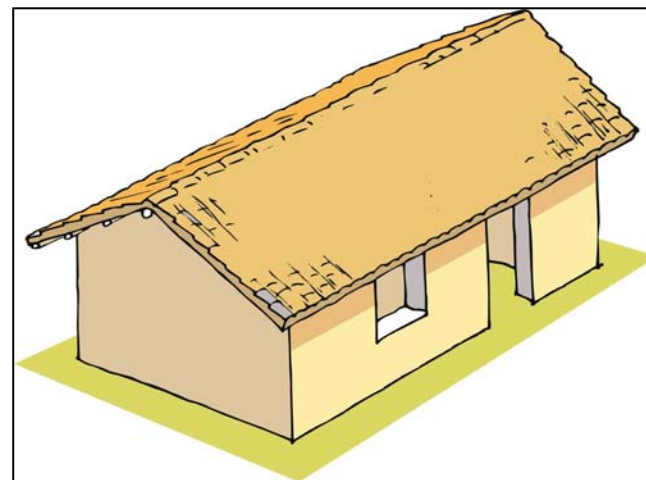
CAPITULO III

DEFICIENCIAS CONSTRUCTIVAS QUE CONTRIBUYEN A LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES DE ADOBE Y TAPIA PISADA

VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES DE TIERRA

Las edificaciones de adobe y tapia pisada presentan usualmente una serie características constructivas que contribuyen a aumentar su vulnerabilidad sísmica estructural. Frecuentemente la edad de estas edificaciones y el deterioro de las propiedades mecánicas de sus materiales hacen que en caso de un terremoto su capacidad de soportarlo sea mínima. Por esta razón es necesario intervenir estas edificaciones de tal forma que se puedan reducir los efectos nocivos de los sismos en estas estructuras.

A continuación se presenta una descripción de los principales factores que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad sísmica de viviendas en adobe y tapia pisada.



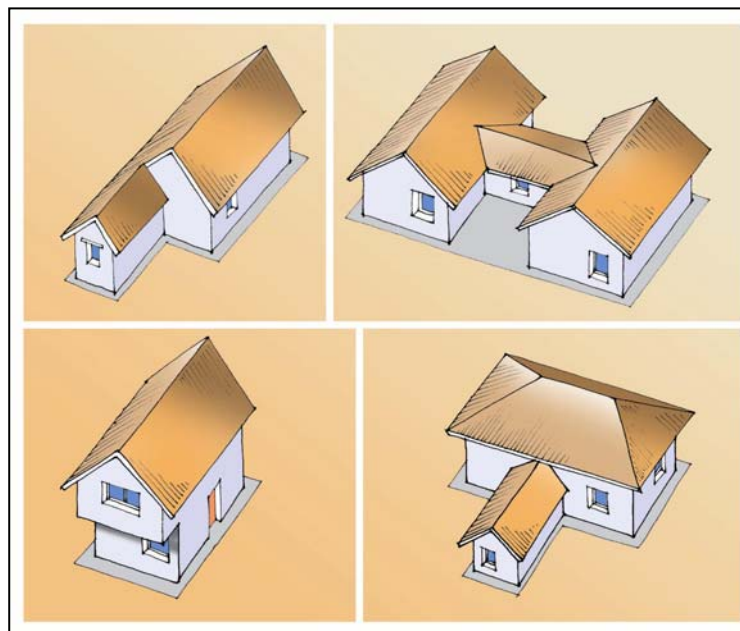
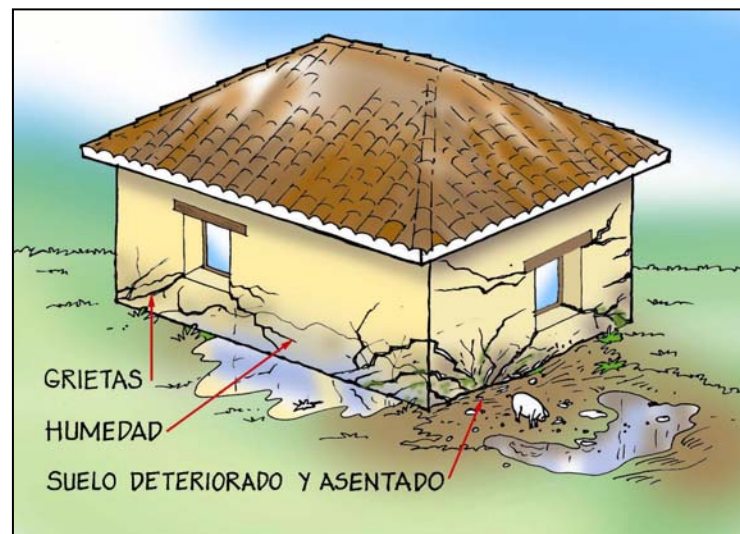
- **Ausencia de cimentación**

Un gran número de edificaciones de adobe y tapia pisada se construyen sin un adecuado sistema de cimentación, lo que facilita que se presenten asentamientos diferenciales que debilitan los muros principales y disminuyen la capacidad de la estructura ante las diferentes fuerzas que debe soportar. Adicionalmente la ausencia de cimentación contribuye a la acumulación de humedad en los muros de tierra disminuyendo su capacidad portante de manera significativa y aumentando su nivel de deterioro con el tiempo.

- **Irregularidades en planta y en altura**

La construcción de edificaciones con irregularidades geométricas tanto en planta como en altura, usualmente genera que se presenten efectos de torsión y sobreesfuerzos sobre los elementos estructurales y no estructurales cuando ocurre un sismo.

Los efectos de torsión generan alta concentración de esfuerzos, fisuración y desplazamientos notables que conducen al posible colapso de la edificación.



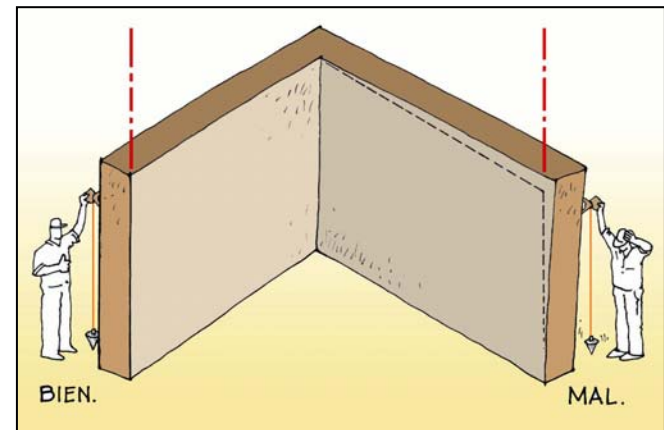
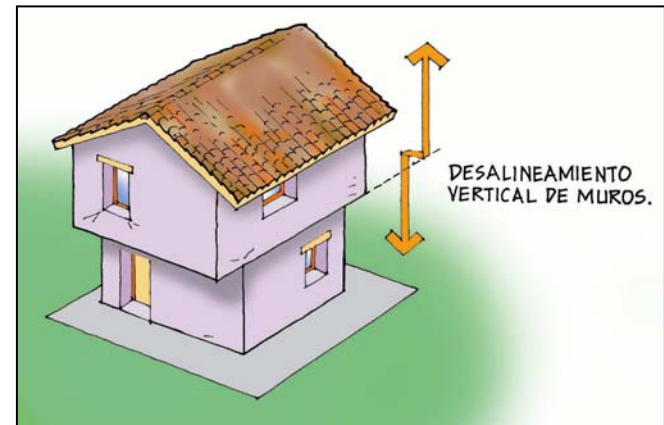
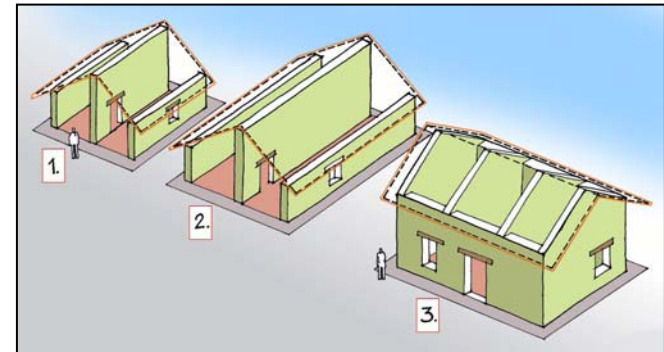
- Distribución de los muros en planta

Las edificaciones con muros cargueros distribuidos en una sola dirección son susceptibles a presentar colapso cuando la componente principal del sismo se presenta en dirección perpendicular a la orientación de los muros, debido a la baja resistencia en esa dirección. Esta situación es similar a la que se presenta en edificaciones con muros muy largos contruidos sin contrafuertes.

- Pérdida de la verticalidad (o plomo) de los muros

La falta de verticalidad de los muros de una edificación genera mayores solicitaciones en los elementos estructurales y un mal comportamiento en un caso de un evento sísmico. Adicionalmente se pueden presentar fallas locales e inestabilidad de algunos elementos debido a la mala transferencia de las cargas horizontales y verticales.

La falta de plomo de los muros aumenta la posibilidad de inestabilidad de los muros por la acción de las fuerzas inerciales inducidas por el sismo o incluso por fuerzas horizontales generadas por el viento.



- **Protección contra la humedad**

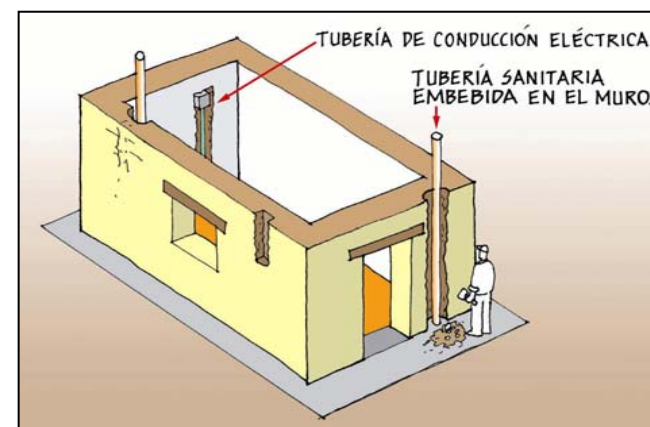
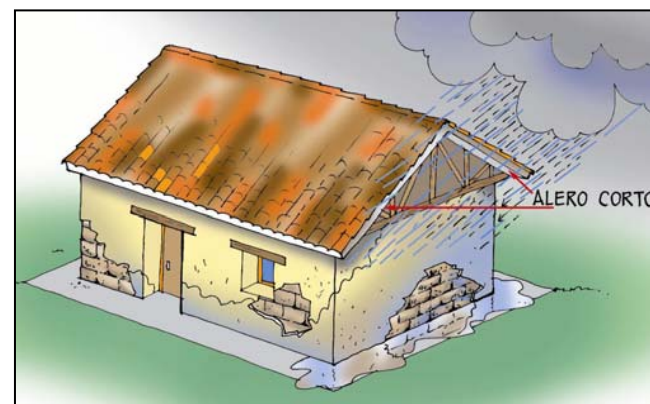
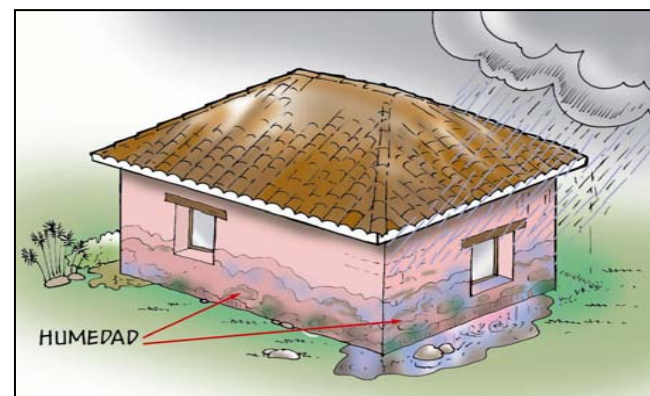
La falta de sobrecimientos en los muros de adobe y tapia favorece que se presenten humedades en la zona inferior de los muros por capilaridad. Esta humedad tiende a deteriorar los materiales con el paso del tiempo.

La presencia de aleros cortos o deficiencias en el pañete aumentan la probabilidad que el agua lluvia penetre en el muro, generando socavación y erosión de los materiales, lo cual facilita la presencia de agrietamientos y disminuye la resistencia del sistema estructural.

- **Instalaciones eléctricas e hidrosanitarias**

Las instalaciones hidrosanitarias dentro de los muros en tierra o adosadas a ellos, pueden producir filtraciones de agua, lo cual genera erosión y pérdida de unión entre los diferentes materiales que componen el muro. Las aberturas y regatas realizadas en los muros para la instalación de las tuberías se reparan en general con materiales poco compatibles con la tierra, lo cual genera agrietamientos y desprendimientos del material.

Estas regatas y aberturas generan simultáneamente zonas de debilidad y planos que favorecen la falla, lo cual aumenta las posibilidades de inestabilidad de los muros y las cubiertas.



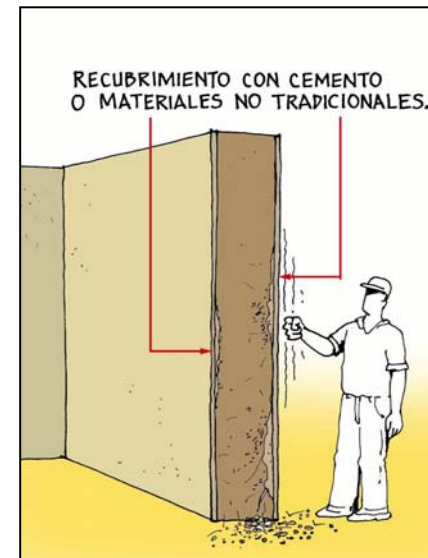
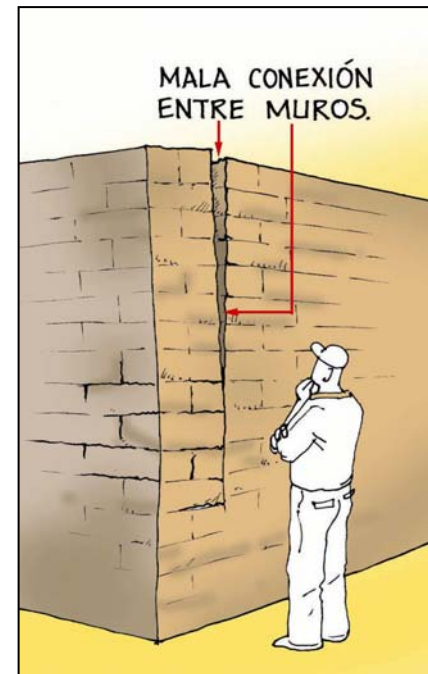
- **Conexión entre muros**

La falta de una adecuada conexión entre muros, bien sea en el trabe de los muros de adobe o en las conexiones de los muros de tapia, disminuye la restricción lateral de los muros, induciendo alta inestabilidad de los elementos verticales ante cargas perpendiculares a su plano.

- **Recubrimiento de muros**

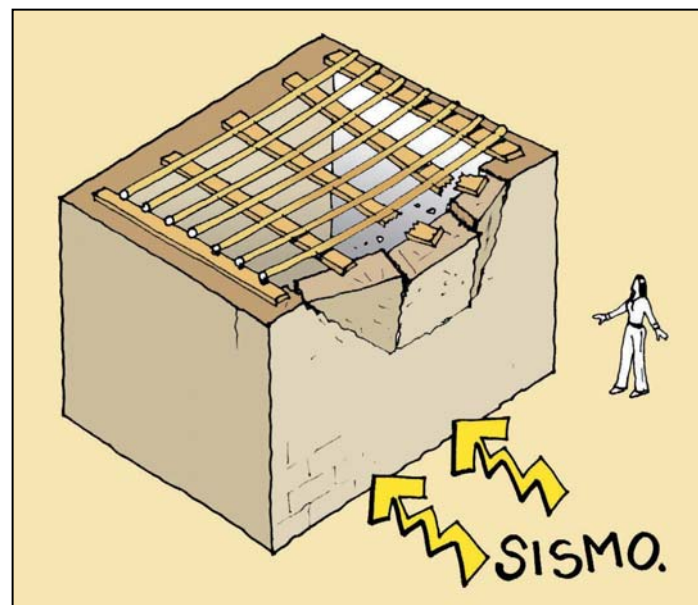
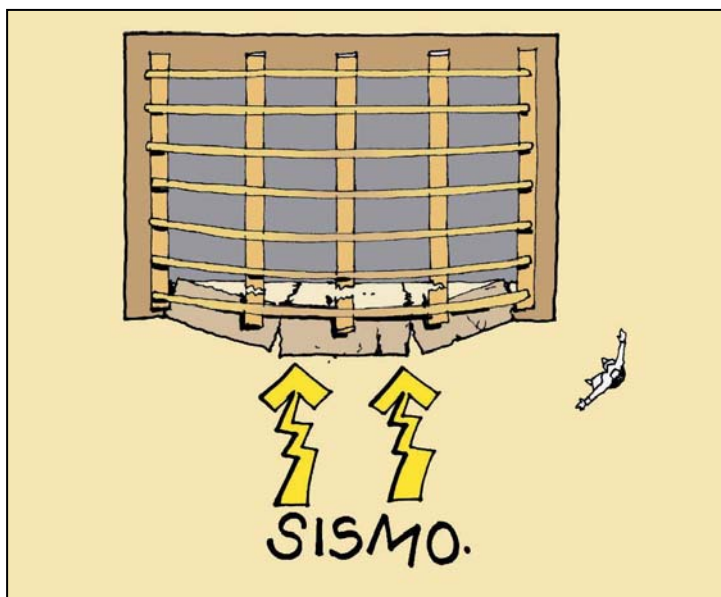
Cuando los pañetes de los muros de fachada tienen muy poco contenido de cal presentan desmoronamiento, lo cual los hace susceptibles a deteriorarse por los factores climáticos.

El uso de pañetes de cemento o materiales no tradicionales, genera un bloqueo del frente de evaporación del muro, lo cual disminuye la cohesión entre las partículas de suelo que conforman el muro. Esto induce pérdida en la capacidad portante y disminución de la vida útil de las edificaciones de adobe y tapia pisada.



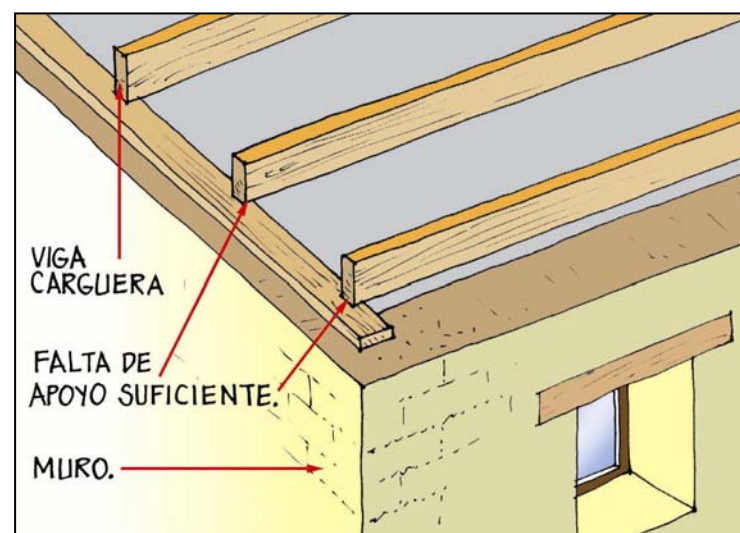
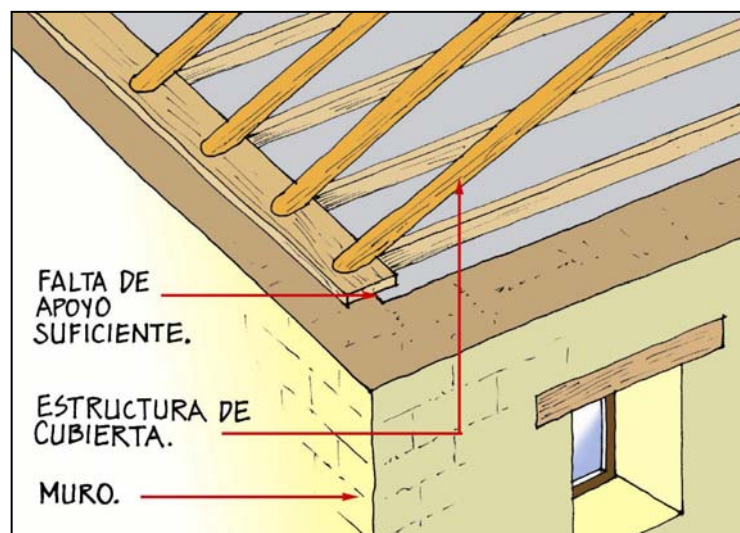
- Entrepisos y ausencia de diafragmas

La ausencia de un entrepiso que cumpla la función de comportarse como un diafragma rígido en su propio plano hace que la distribución de las cargas laterales inducidas por el sismo sea usualmente muy perjudicial, facilitando la acción de fuerzas perpendiculares excesivas contra los muros.



- Apoyo y anclaje de elementos de entrepiso y cubiertas sobre muros

La falta de una longitud de apoyo adecuada de los elementos principales del sistema de entrepiso o la cubierta facilita que se presente la pérdida del apoyo y el consecuente colapso de la estructura por los desplazamientos inducidos en los muros portantes.



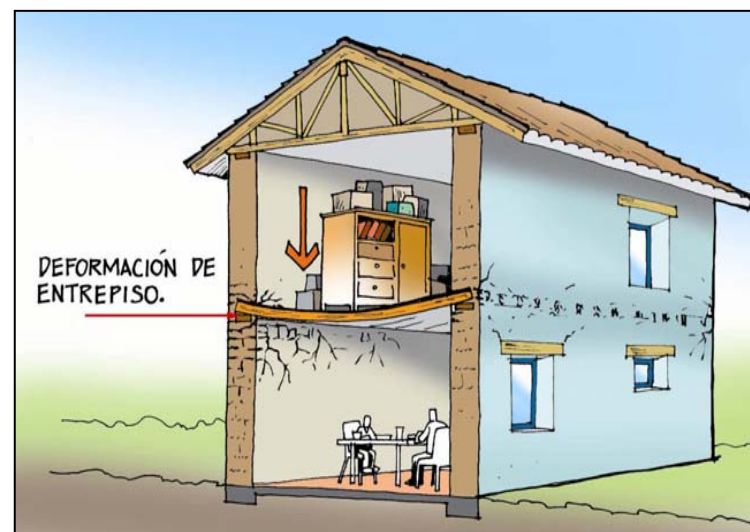
- Entrepisos muy flexibles ó luces muy largas

En estructuras con sistemas de entrepiso muy flexibles o con luces muy largas se presentan deflexiones verticales importantes las cuales pueden generar daños en los elementos no estructurales. Adicionalmente se pueden presentar sobreesfuerzos en los elementos que conforman el sistema de entrepiso lo cual puede inducir colapso parcial o global en la estructura.

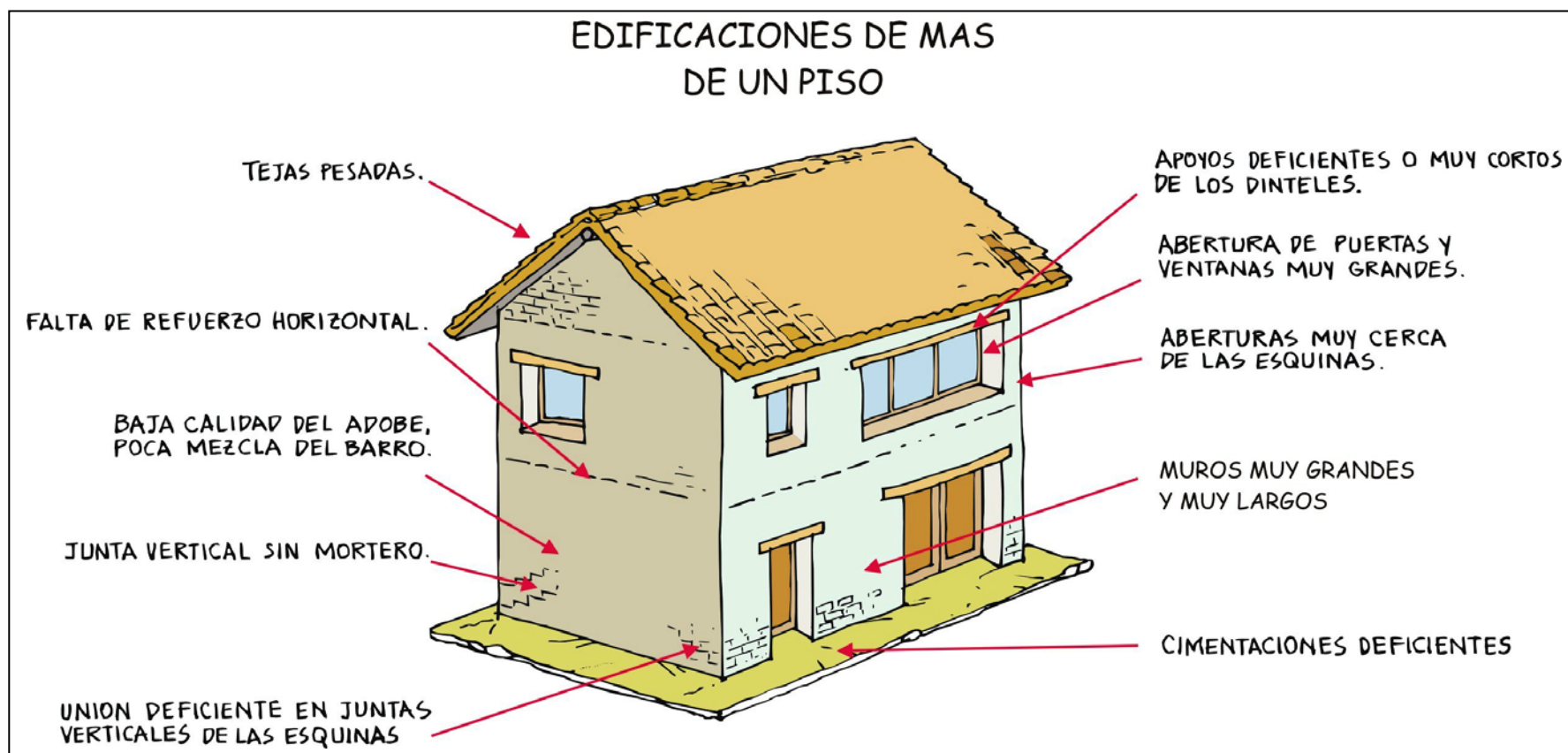
También se pueden generar sobreesfuerzos significativos sobre los muros portantes en los puntos de apoyo con el eventual riesgo de falla en caso de sobrecarga o por la ocurrencia de un sismo.

Estructuración de cubierta

Cuando se presenta una inadecuada estructuración de la cubierta (muy pocos elementos o configuraciones inestables) se presentan deflexiones y sobreesfuerzos en los elementos que la componen. En el caso de presentarse un terremoto esto puede inducir el colapso de la cubierta y daños importantes en los muros cargueros por las solicitaciones horizontales generadas por las fuerzas laterales. Las edificaciones con cubiertas pesadas y mal estructuradas son muy susceptibles a colapsar cuando se presenta un sismo.



- Deficiencias en edificaciones de dos pisos



CAPITULO IV

FALLAS TÍPICAS EN VIVIENDAS DE ADOBE Y TAPIA PISADA

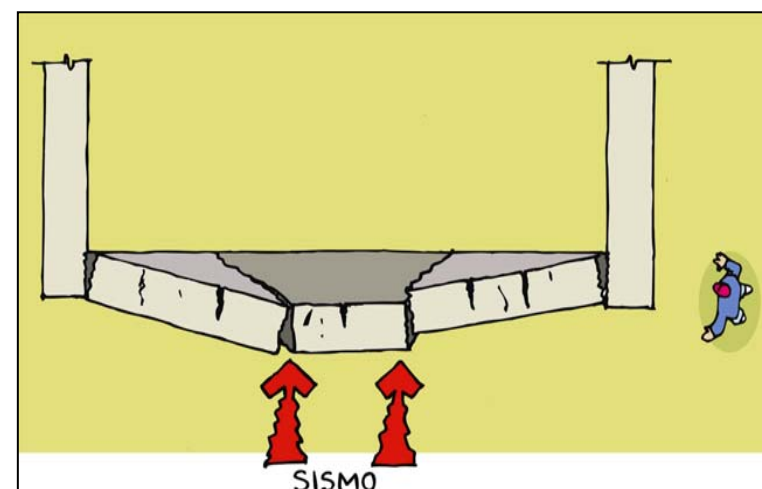
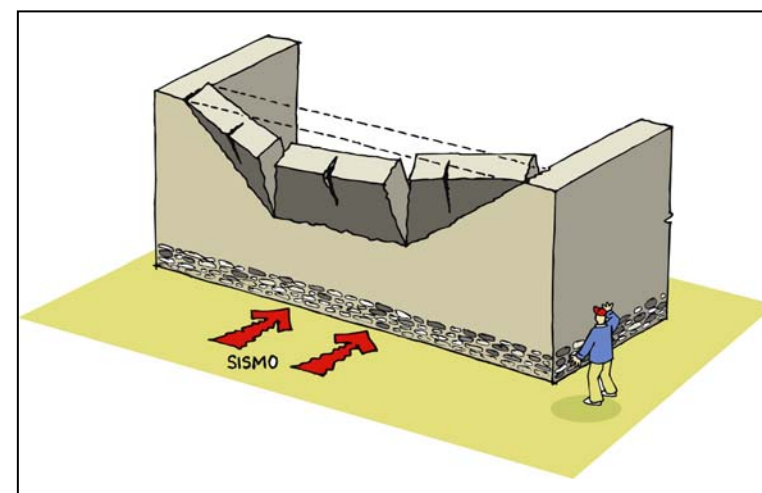
MECANISMOS DE FALLA TÍPICOS EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE Y TAPIA

Los mecanismos de falla y el tipo de agrietamiento respectivo más probables que se pueden presentar en las edificaciones convencionales de adobe o tapia pisada son las siguientes:

TIPO 1

Falla por flexión perpendicular al plano del muro con agrietamiento horizontal en la base o a una altura intermedia y agrietamientos verticales adicionales que constituyen el mecanismo de falla.

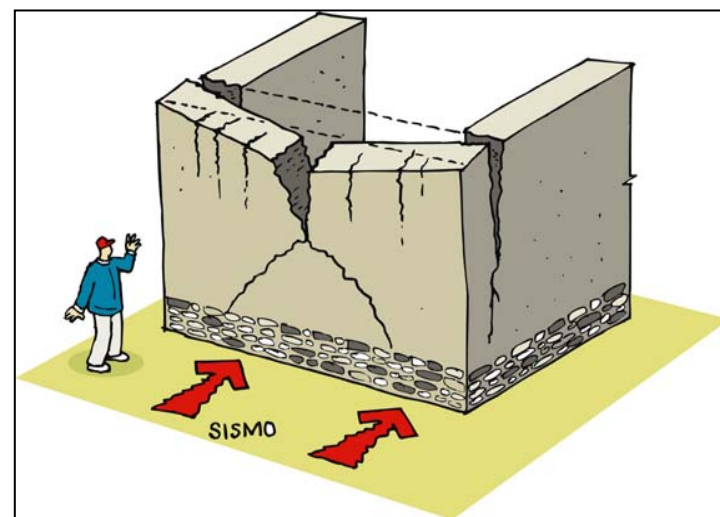
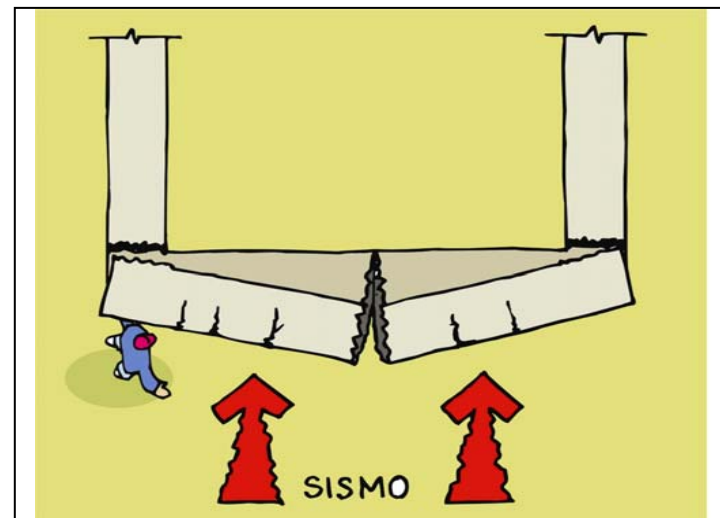
Este tipo de mecanismo de falla es frecuente en muros largos sin restricciones transversales.



TIPO 2

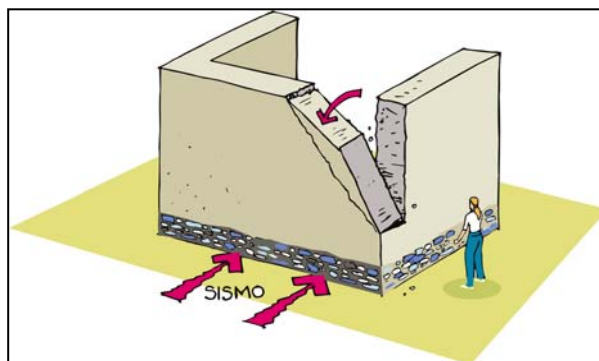
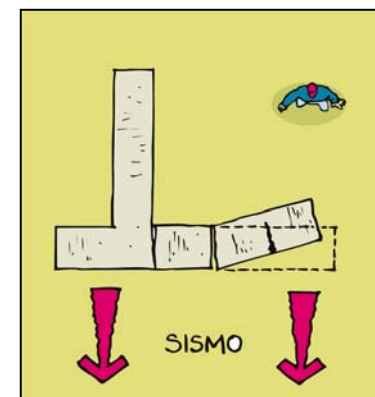
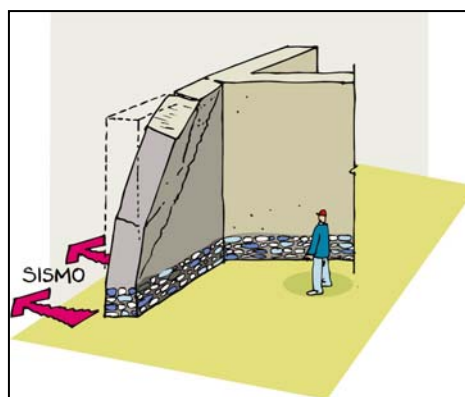
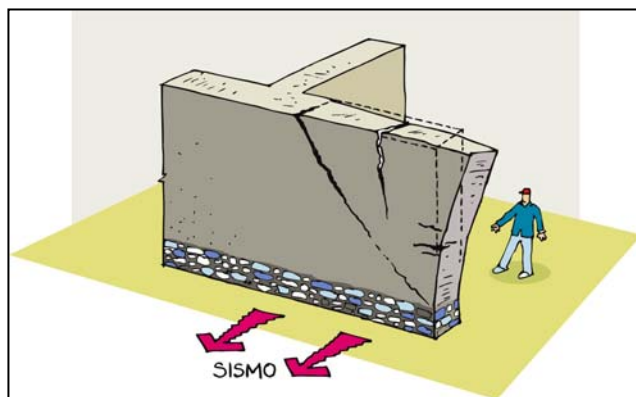
Falla por flexión perpendicular al plano del muro con agrietamiento vertical en la zona central, agrietamiento diagonal que constituye el mecanismo de falla y fisuración en la parte superior por falta de refuerzo y confinamiento.

Este tipo de falla se presenta principalmente en muros altos y cortos o muros largos con restricciones laterales poco espaciadas



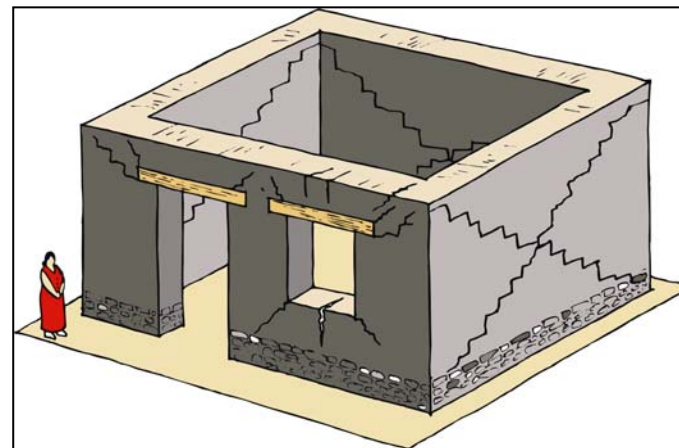
TIPO 3

Falla por flexión perpendicular al plano en las esquinas no confinadas de muros sueltos, o en esquinas no conectadas efectivamente con los muros transversales de restricción al mismo.



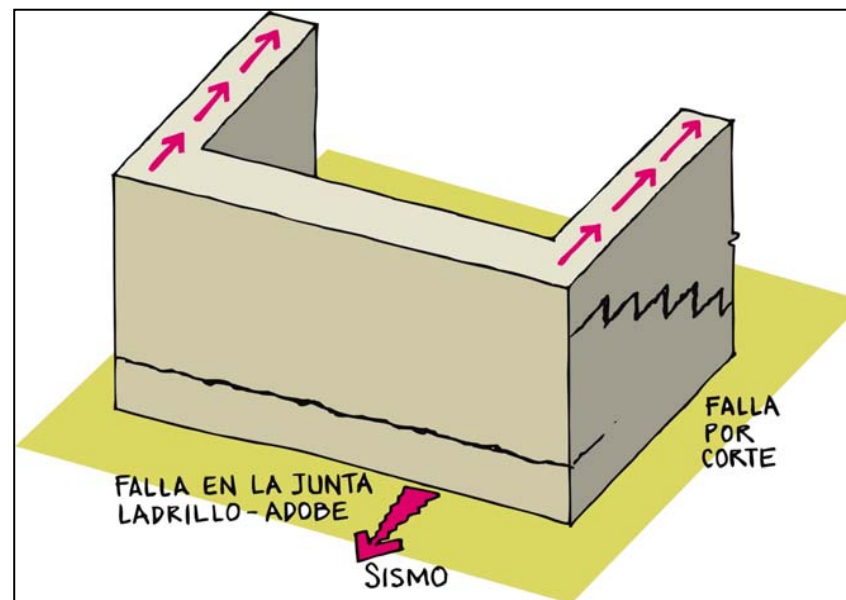
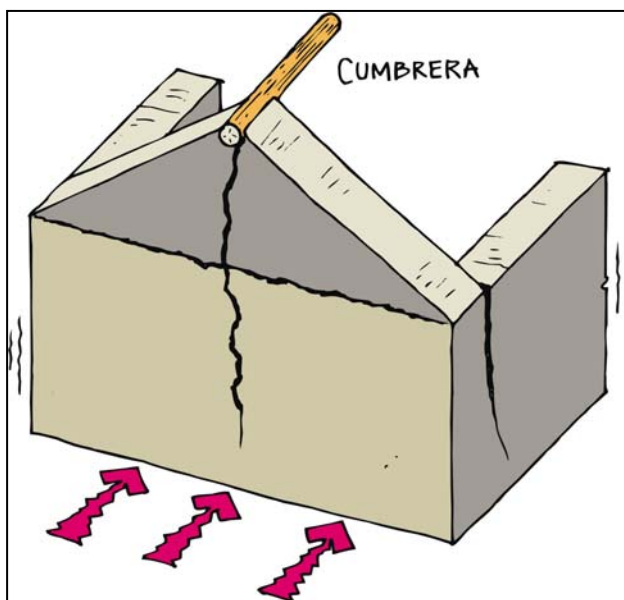
TIPO 4

Falla por cortante en el plano del muro asociada a altos empujes horizontales. En muchos casos estos agrietamientos están asociados a entrepisos o cubiertas muy pesadas o con sobrecarga y se ven magnificados con las aberturas correspondientes a las puertas y ventanas en los muros.



TIPO 5

Combinación de dos o más de los mecanismos antes mencionados



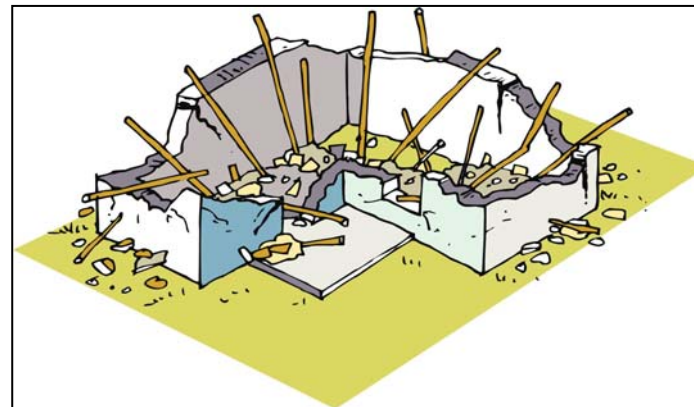
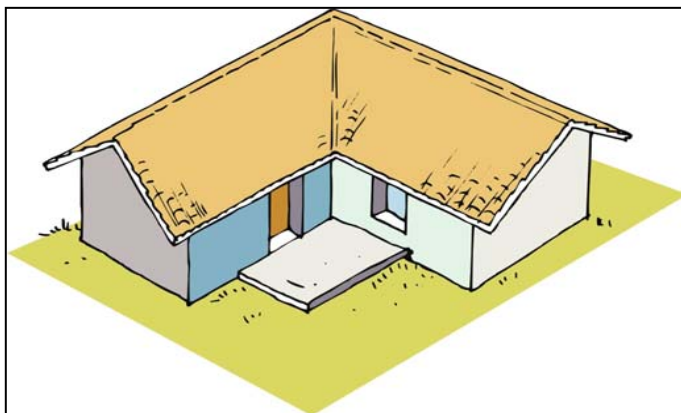
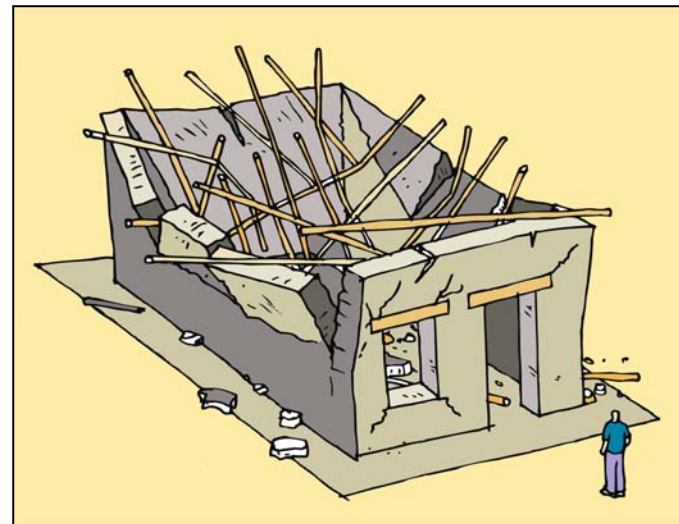
TIPO 6

Caída de la cubierta hacia el interior de la vivienda, por encontrarse mal apoyada sobre los muros o porque los muros presentan cualquiera de las deficiencias anteriores del tipo 1 al tipo 5.

TIPO 7

Falla generalizada de la cubierta por ausencia de un apoyo adecuado o por mala estructuración de la misma. Usualmente La cubierta falla hacia el interior de la estructura, rompiendo la parte superior de los muros portantes.

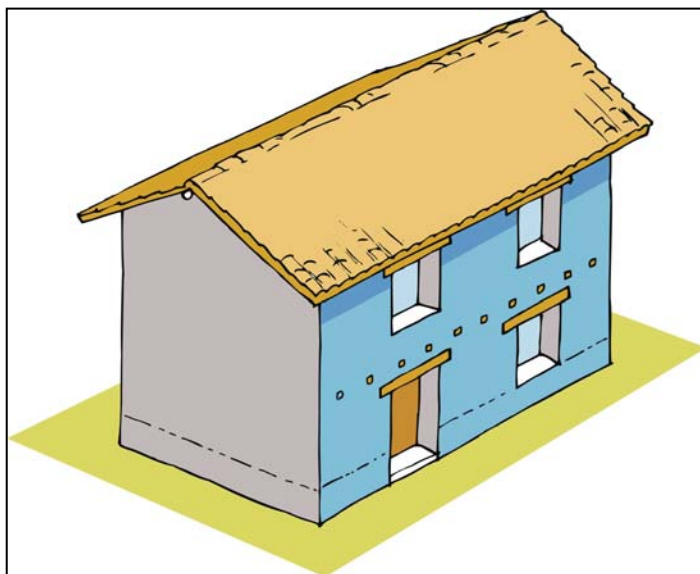
Este tipo de mecanismo de falla es frecuente en edificaciones con cubiertas muy pesadas, mal concebidas estructuralmente o con por alto grado de deterioro a causa del ataque de insectos o cambios de humedad.



TIPO 8

Falla que se presenta por mala conexión de los muros del primer piso con los del segundo; el entrepiso rompe los muros principales en forma casi horizontal, generando la inestabilidad del segundo piso.

Este tipo de mecanismo de falla es frecuente en edificaciones de dos o más pisos, con conexiones deficientes en los muros principales y la ausencia de un diafragma rígido en el entrepiso.



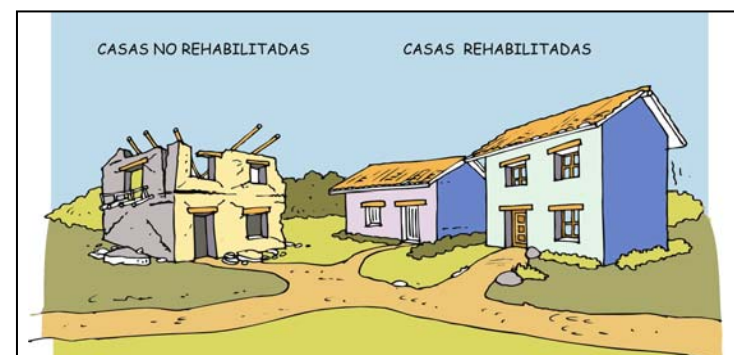
CAPÍTULO V

ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN SÍSMICA

¿EN QUÉ CONSISTE LA REHABILITACIÓN SÍSMICA DE VIVIENDAS DE ADOBE Y TAPIA PISADA?

Las características propias de este tipo de construcciones están relacionadas directamente con la reconocida vulnerabilidad sísmica que se les atribuye. No es factible proponer varios niveles de intervención o rehabilitación, como se propone en otros sistemas constructivos, y sólo puede pensarse en la práctica en una reestructuración integral que permita lograr un nivel de seguridad equivalente con el que tendría una vivienda nueva construida con criterios sismorresistentes. Por esta razón la protección de este tipo de edificaciones y de la vida de sus ocupantes ante los terremotos significa llevar a cabo una serie de intervenciones estructurales que deben realizarse en forma integral.

Las intervenciones aquí propuestas tienen como propósito la reducción de la vulnerabilidad de la edificación pero, en particular, su objetivo es retardar al máximo el colapso total o parcial en caso de terremotos extremos, con el fin de proteger la vida de los ocupantes, dando tiempo a las personas de escapar antes de que ocurra el colapso. Por esta razón se recomienda realizar en lo posible todas las intervenciones sugeridas o la mayoría, pues en conjunto harían la edificación más segura.

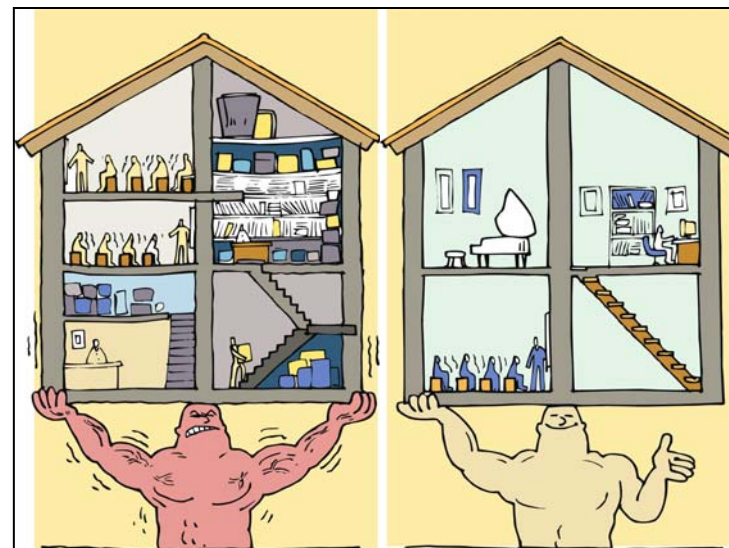


ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN SÍSMICA

• DISMINUCION DEL PESO

La disminución del peso contribuye a que las fuerzas inerciales que se producen a causa de la acción del terremoto se reduzcan. Es una medida de bajo costo pero usualmente es insuficiente y sólo factible en casos de sobrepesos importantes.

- Eliminar sobrecargas importantes tales como archivos, bultos, papeles, etc.
- Reemplazar cubiertas pesadas en teja de barro con capas de mortero por cubiertas livianas en teja de zinc o de acero galvanizado.
- Reemplazar sistemas de entrepiso con mortero y tabletas por sistemas de madera.
- Eliminar pisos intermedios o buhardillas.

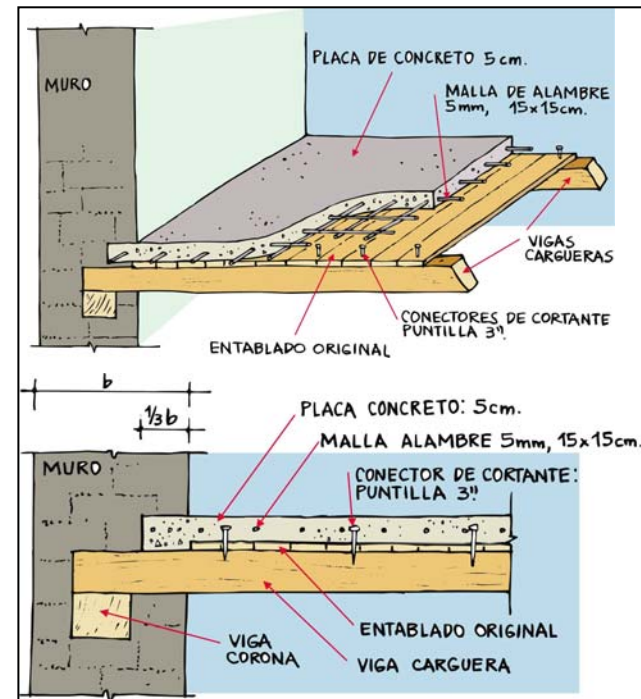


- **MEJORAMIENTO DE ENTREPISOS Y DE SU ACCIÓN DE DIAFRAGMA**

Un diafragma efectivo permite distribuir las fuerzas de manera adecuada a los elementos verticales más resistentes y permite absorber los efectos de torsión debido a las irregularidades de la construcción. Se plantean varias alternativas para lograr una mejor acción de diafragma de los entrepisos o de la cubierta cuando se presenta un sismo.

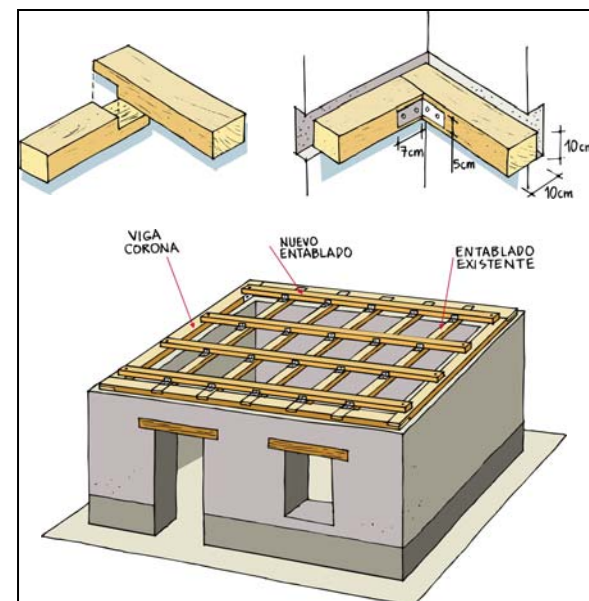
PLAQUETA DE CONCRETO

Consiste en fundir una plaqueta de concreto sobre el entramado de madera existente. Se debe generar una conexión efectiva entre la plaqueta y las vigas cargueras principales. Se debe también generar una conexión efectiva a los muros perimetrales. Se debe verificar la resistencia de la madera o colocar apuntalamientos temporales mientras la mezcla de concreto fragua.



VIGAS CORONA PERIMETRALES

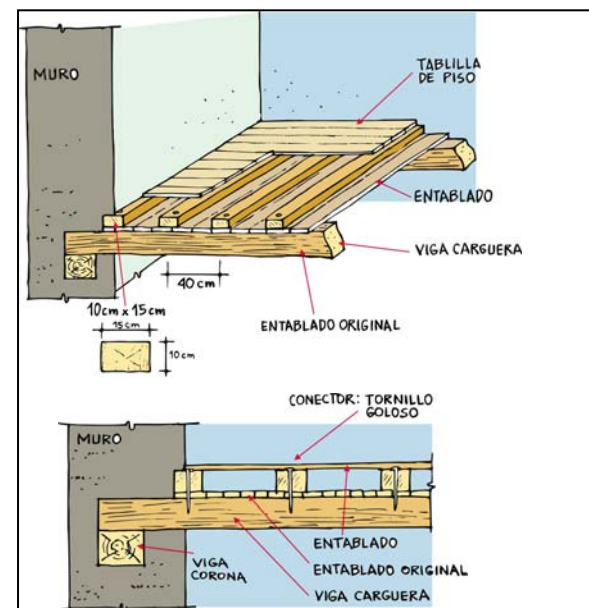
En los casos en donde no existen vigas de corona sobre los muros de adobe y tapia pisada se recomienda instalar una viga de amarre en la parte superior e inferior del muro y alrededor de todo el perímetro de la edificación. La viga corona puede ser de madera, preferiblemente, o incluso de concreto. Las vigas coronas deben interconectarse en las intersecciones de muros y en las uniones con muros transversales para garantizar la continuidad del amarre tanto en la parte interna como en la externa de los muros.



ENTABLADO COMPLEMENTARIO

Consiste en colocar un entablado en las dos direcciones principales del entrepiso o en la dirección perpendicular en caso que ya exista un entablado previo que se encuentre en buen estado. El entablado deberá ir adecuadamente conectado a todos los elementos del entablado existente y a los elementos de soporte en todo el perímetro.

El nuevo entablado deberá conectarse a los elementos perimetrales de madera ó vigas corona existentes, especialmente a los que van en dirección paralela a los elementos de entrepiso ya existentes.



• REHABILITACIÓN DE MUROS

REHABILITACIÓN CON MALLA DE ACERO Y MORTERO DE ARENA Y CAL

Consiste en instalar mallas con vena por franjas horizontales y verticales (simulando franjas verticales y horizontales confinadas) en las zonas críticas de los muros principales de la vivienda. Los tramos de malla se instalan en la cara interna y externa del muro en forma simultanea. Las mallas de las dos caras se interconectan con alambrones de 8 mm colocado en orificios previamente perforados los cuales se rellenan con mortero de cal y arena. El amarre del alambón y la malla se realiza únicamente en las venas de la malla. Los alambrones van espaciados cada 20 cm en promedio en las dos direcciones. Posteriormente la malla se recubre con mortero de cal y arena.

Materiales

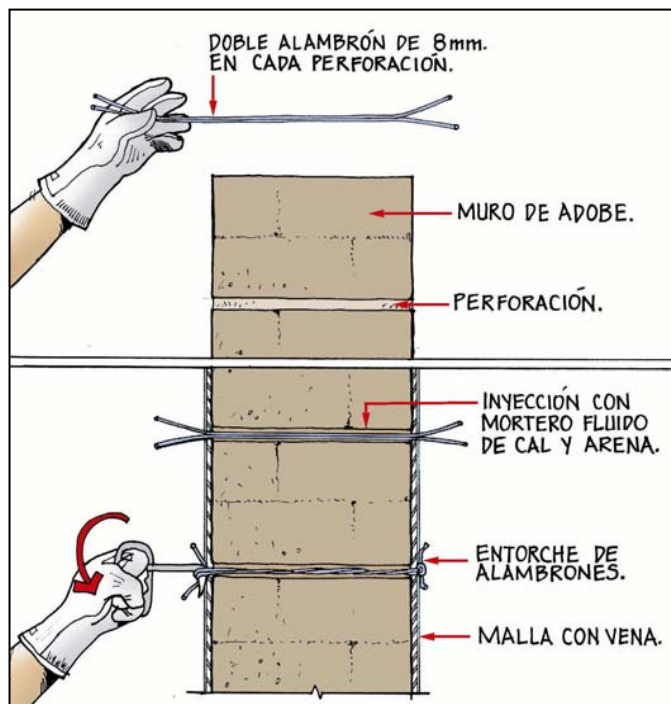
- Malla con vena calibre 19
- Cal apagada
- Arena fina
- Alambrones de 8 mm
- Puntillas de 2" de longitud.

Cuando se trate de muros en tapia pisada, los orificios de los mechinales deben rellenarse con una matriz de mortero de cal, arena y roca, ladrillos o adobes. Para lograr un mejor llenado se recomienda clavar una cuña de madera en el orificio apenas unos minutos después de haberlo llenado.

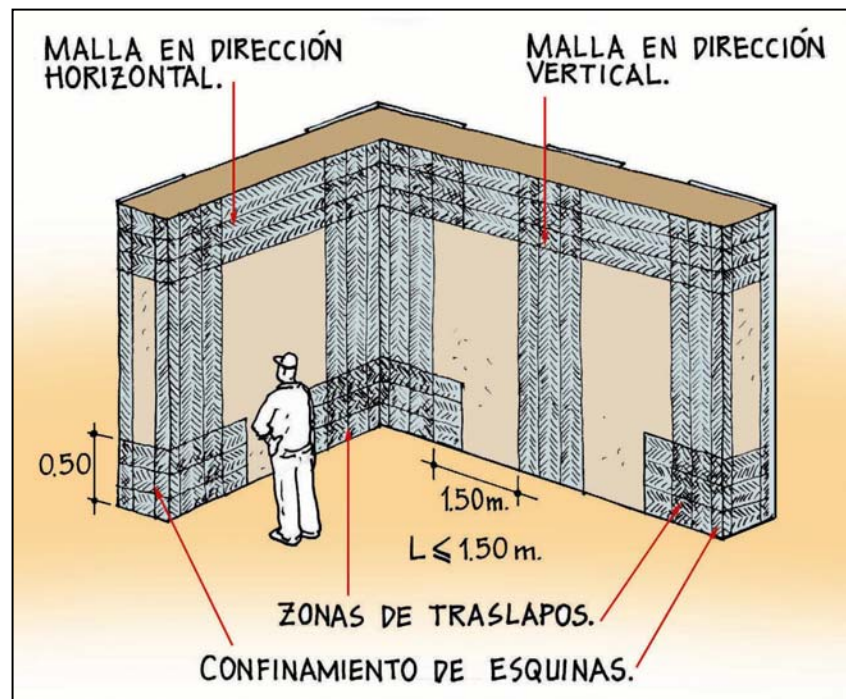


DETALLES Y PROCESO CONSTRUCTIVO

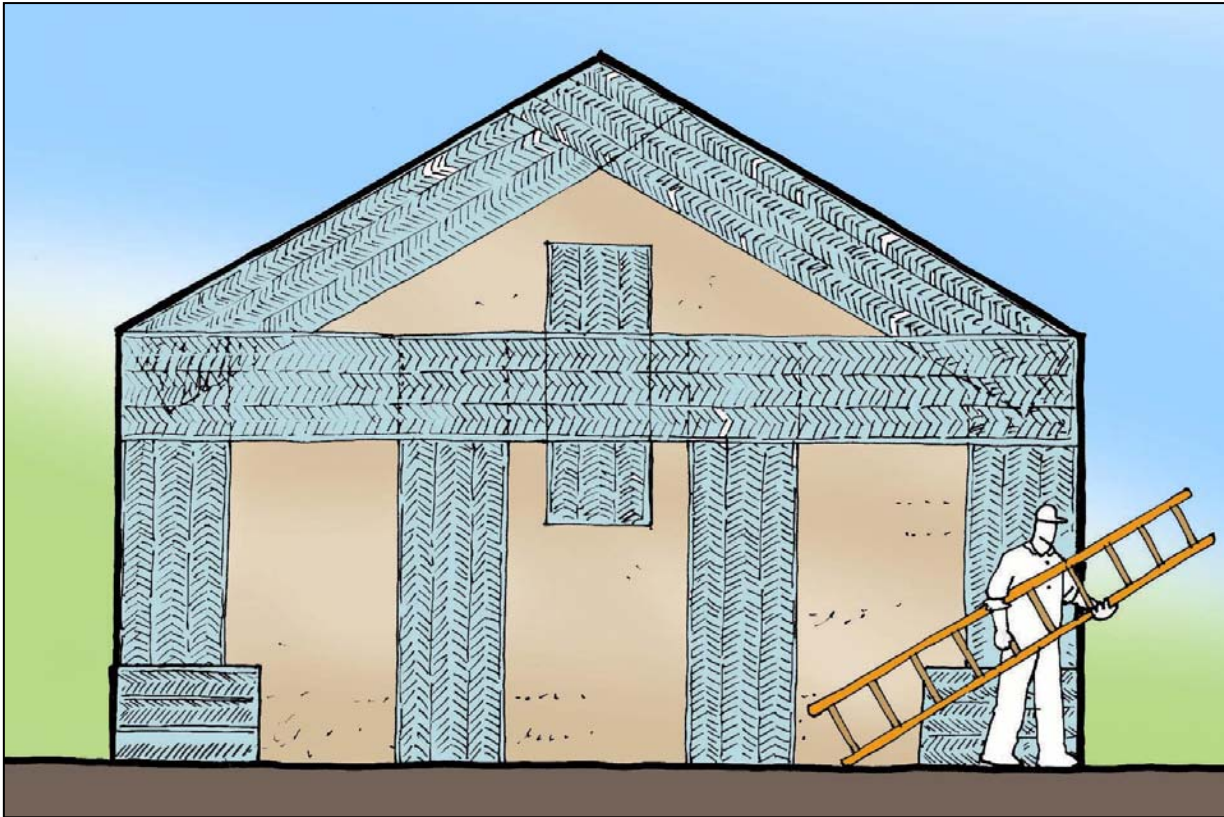
- (1) Ubicación de orificios de conectores según distribución de las venas de la malla y zonas de traslapes. Preparación de alambres para conexión.



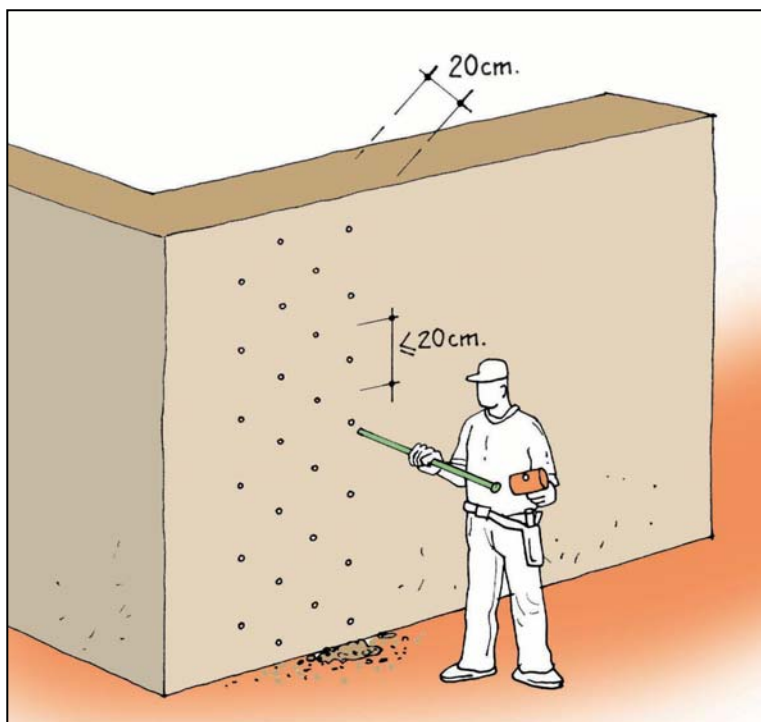
- (2) Detalle de instalación de malla en las esquinas. Definir ubicación de malla para localizar orificios. Soportar mallas en su posición con puntillas.



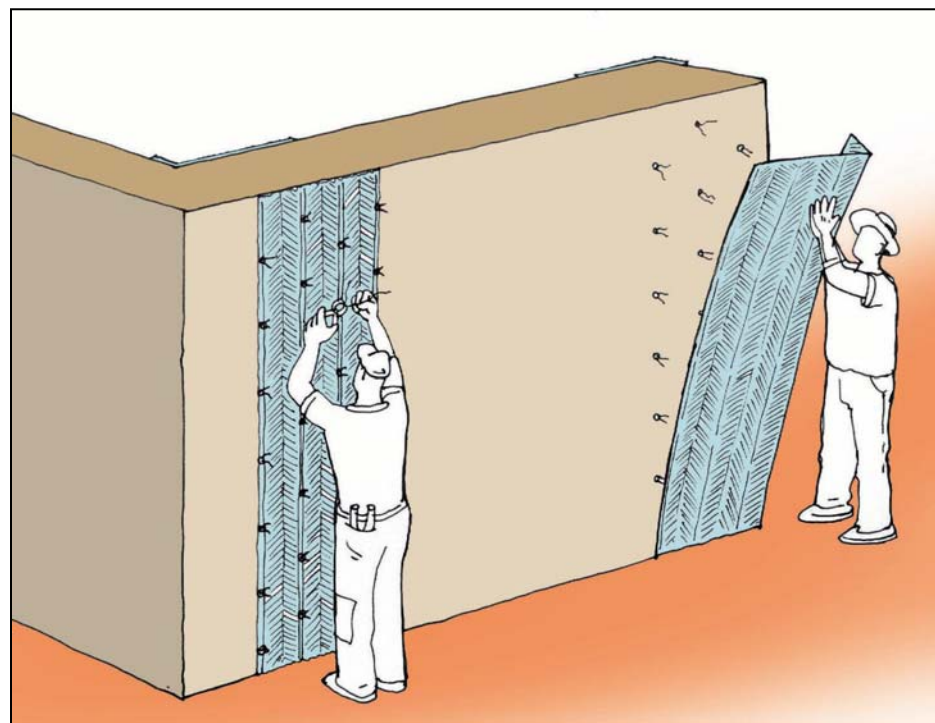
- (3) Detalle de la instalación de mallas en las culatas de la vivienda. Definir ubicación de mallas para localizar orificios. Las mallas se pueden soportar en su posición mediante las puntillas de 2" de longitud.



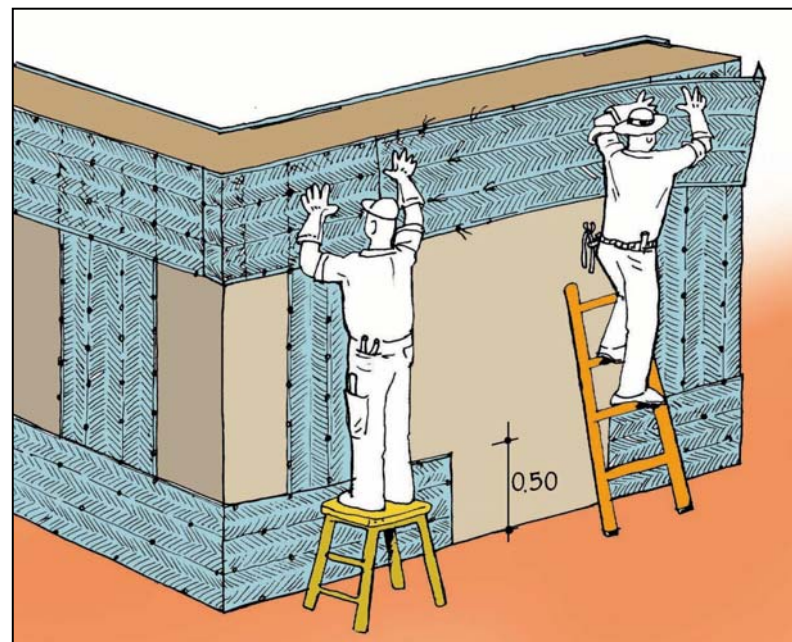
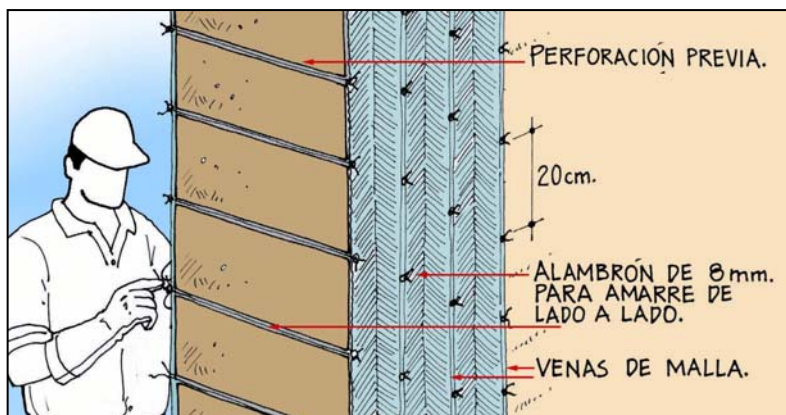
- (4) Abrir los orificios para conectores en las proyecciones de las venas de la malla. Los orificios deben quedar espaciados a distancias del orden de 20 cm o menos en las dos direcciones.



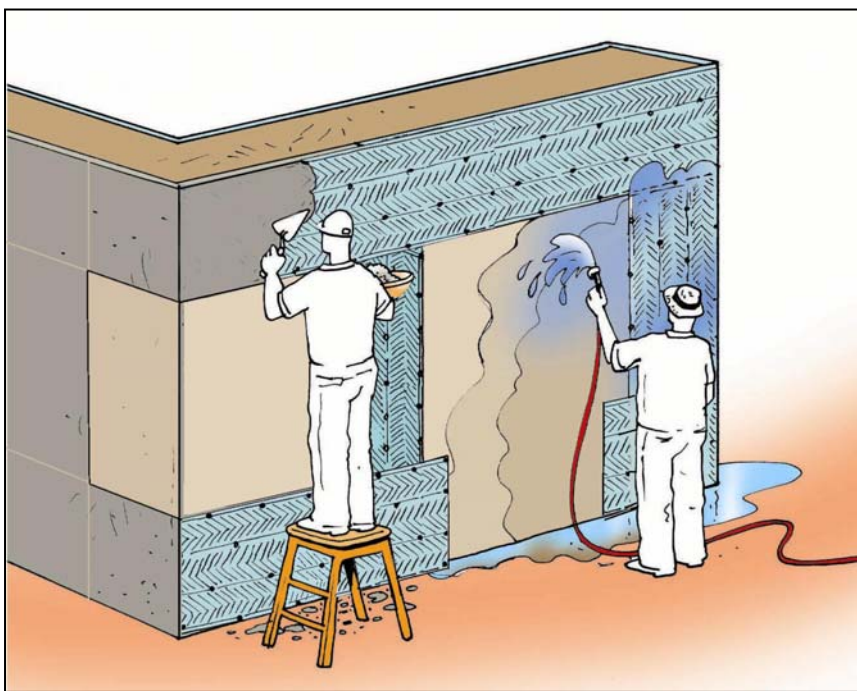
- (5) Rellenar los orificios con mortero fluido de cal y arena en proporción 1:2. Ir ajustando alambres en las zonas de mallas no traslapadas.



- (5) Instalación de la malla en esquinas. De los 70 cm de ancho que tienen cada una de las mallas de refuerzo vertical, 50 cm quedan en uno de los muros esquineros y los 20 cm restantes en el otro muro que conforma la esquina para traslapar con la malla contigua. Una vez instalados los refuerzos verticales se procede a instalar la malla horizontal de 50 cm de ancho. Los alambrones en las zonas de traslapes deben conectar las dos mallas simultáneamente a espaciamientos del orden de 20 cm o menos en las dos direcciones.



- (6) Aplicación del pañete de recubrimiento. Se debe humedecer el muro previamente a la aplicación del pañete. Se recomienda aplicar el pañete únicamente en la zona de ubicación de las mallas de refuerzo

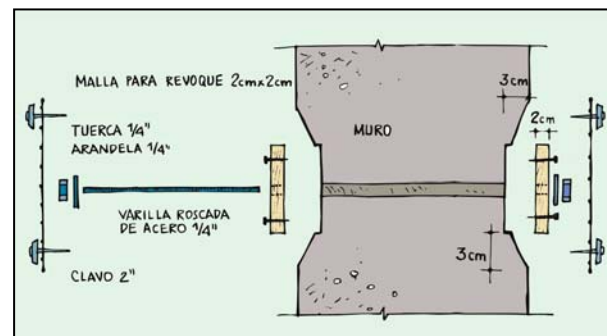
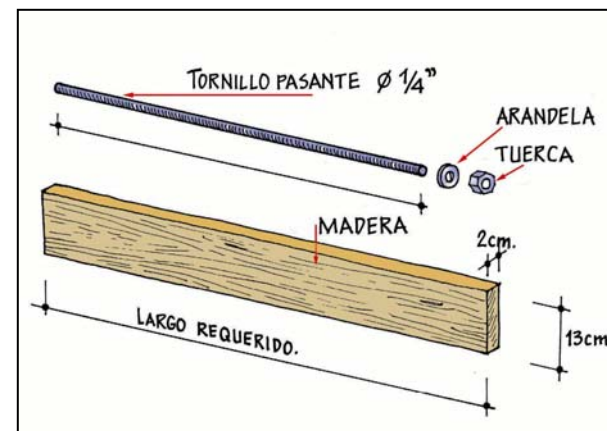
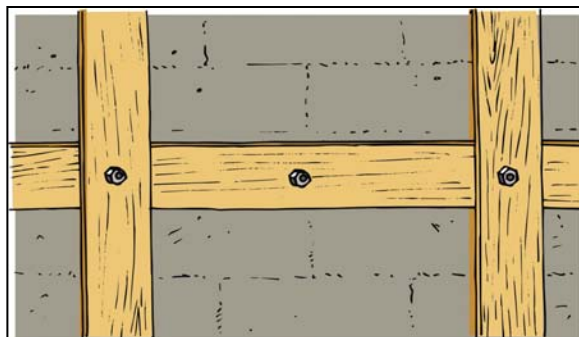


REHABILITACIÓN CON ELEMENTOS DE MADERA CONFINANTES

Consiste en la instalación de tablas de madera horizontales y verticales con el fin de aumentar la resistencia de los muros y mantener la consistencia y unidad de la estructura. Las tablas deben colocarse tanto por la cara externa como por la cara interna de todos los muros. Las tablas horizontales de los muros que se intersectan se unen mediante pernos de acero de manera que se evite la desarticulación de los diferentes muros y se mantenga siempre unida la edificación. Las tablas de madera se interconectan mediante pernos pasantes y mediante puntillas convencionales clavadas sobre las tablas hasta penetrar los muros.

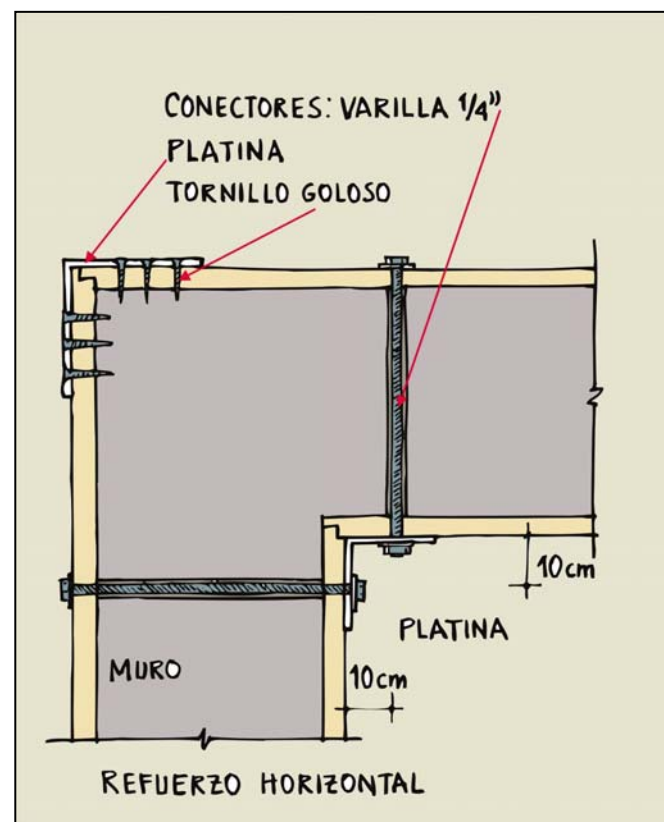
Materiales

- Tablas de 15 cm de ancho y 2 cm de espesor Clase B según NSR-98
- Tornillos de 1/4 pulgada galvanizado o varilla de acero roscada con longitud igual al ancho del muro más 5 cm
- Dos juegos de tuerca y arandela por cada tornillo de 1/4 pulgada
- Platinas de 1/8 pulgada para conexión de esquina interna y externa
- Tornillos golosos para platinas exteriores de esquina
- Puntillas de 2 pulgadas
- Mortero de cal y arena

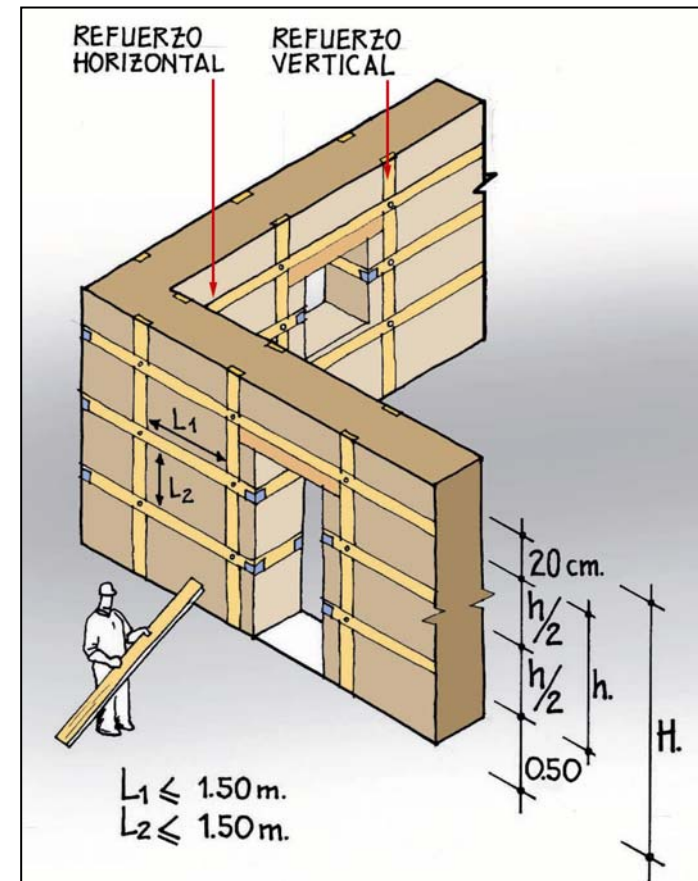


Las tablas de madera se instalarán de la siguiente manera:

- Las tablas horizontales se instalarán a 50 cm medidos desde la viga de cimentación hacia arriba y a 20 cm desde la viga corona de entrepiso hacia abajo. Se colocaran tablas horizontales adicionales de manera que la separación vertical entre las mismas no exceda 1.5 m.
- Las tablas verticales se instalarán a 10 cm de las esquinas tal como lo muestra la figura. Se colocaran tablas verticales adicionales a separaciones de máximo 1.5 m. Además se colocaran tablas verticales en los bordes de las aberturas de puertas o de ventanas y en las esquinas de intersección con otros muros contiguos.
- A nivel de los entrepisos las tablas verticales en ambas caras del muro se conectan con un tornillo, atravesando el muro al nivel de la viga corona de entrepiso. Igual procedimiento se seguirá en la parte superior de los muros, a nivel de las cubiertas interconectando las tablas de madera mediante tornillos que atraviesan la viga corona correspondiente. Se colocará igualmente un perno de conexión a nivel de la viga de cimentación.
- El ancho de las tablas de madera confinante debe ser superior a la altura del muro dividida entre 15, nunca menos de 20 cm. Se deben utilizar tablas con espesor mínimo de 2 cm. Estas deben ser de buena calidad y deben estar libres de fisuras, grietas, desgarres, defectos o nudillos.

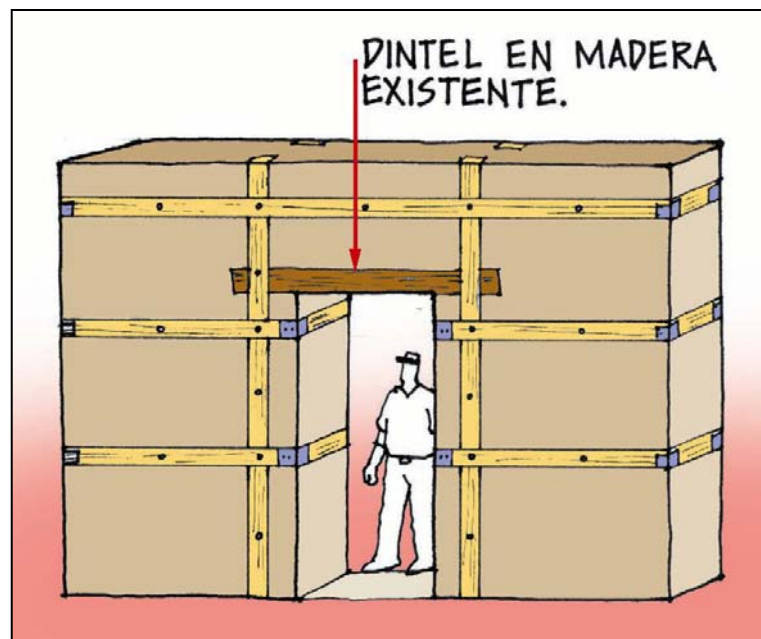


- El ancho de las platinas de esquina debe ser del orden de $3/4$ del ancho de la tabla de madera de refuerzo. El espesor de estas platinas debe ser de $1/8"$ o superior.
- Cuando se trate de muros de tapia pisada, los orificios de los mechinales se rellenan con una matriz de mortero de cal, arena y roca o ladrillo. Para lograr un mejor llenado se recomienda clavar una cuña de madera en el orificio apenas unos minutos después de haberlo llenado.
- El espaciamiento máximo entre pernos conexión las tablas de madera debe ser de 50 cm.

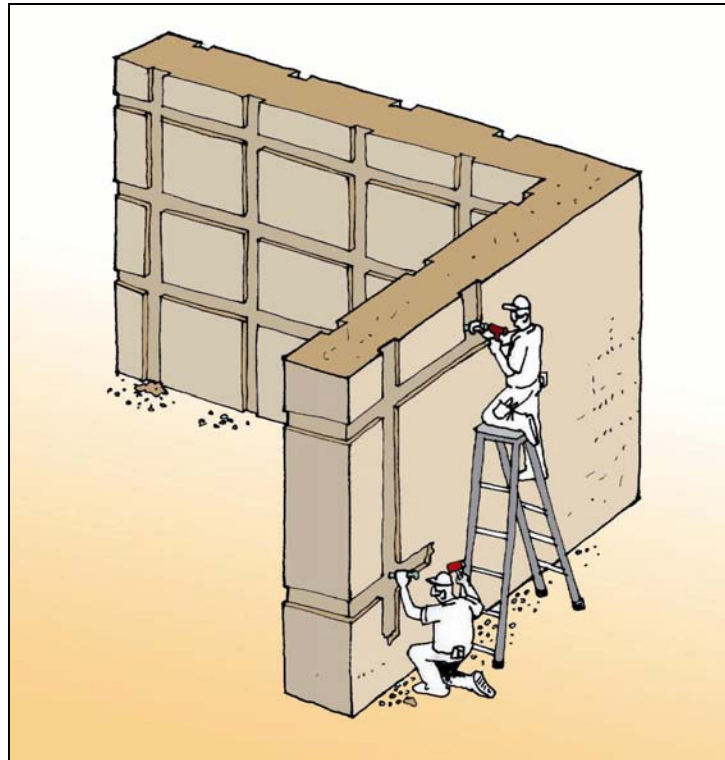


PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA REHABILITACIÓN CON TABLAS DE MADERA CONFINANTES

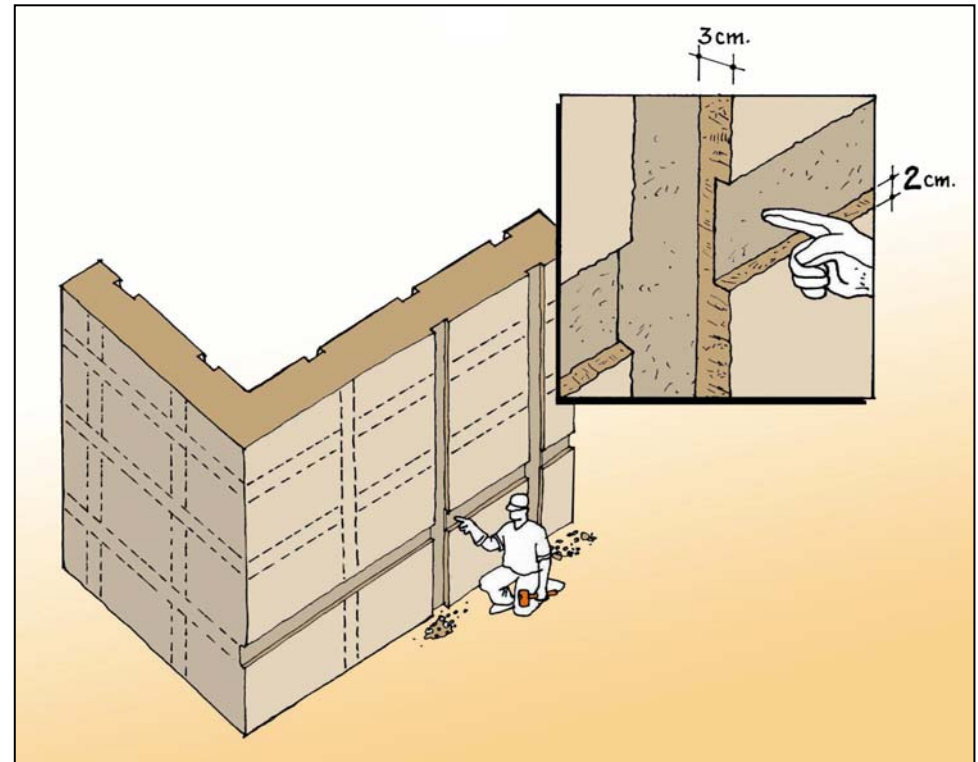
- (1) Plantear sobre los muros la ubicación de las tablas de madera según indicaciones dadas.



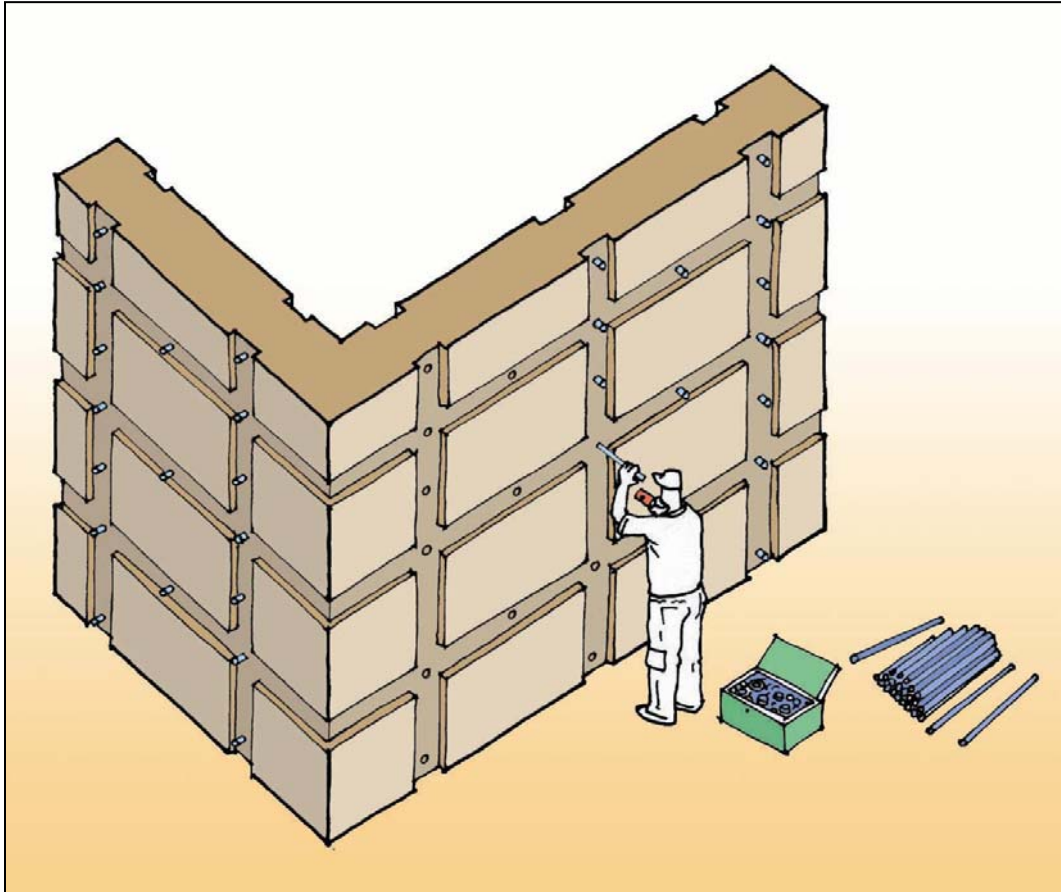
(2) Abrir las regatas sobre los muros para la instalación de las tablas de madera



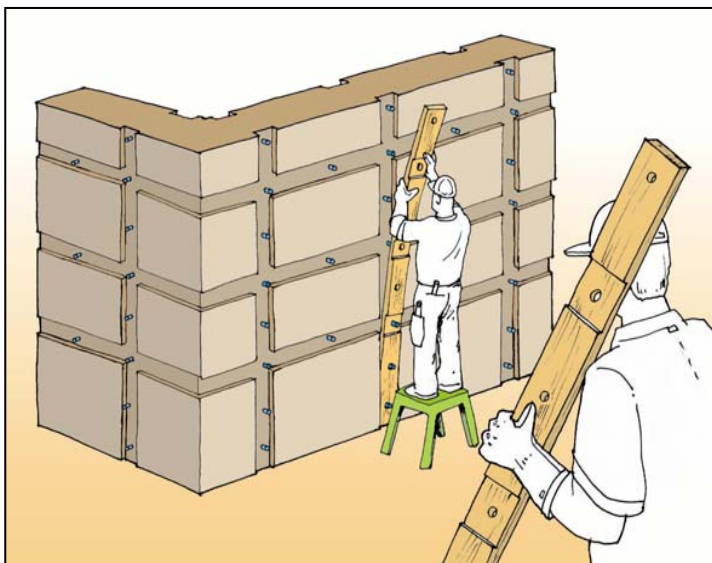
(3) Verificar las dimensiones de las regatas. Según las indicaciones establecidas.



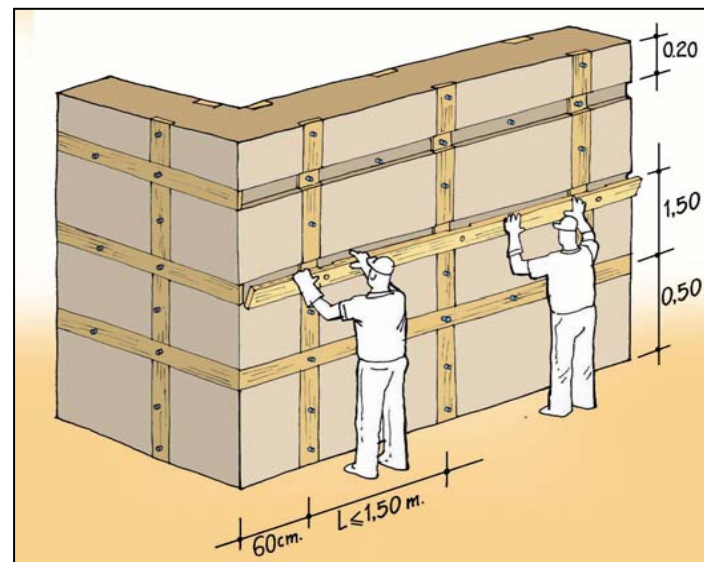
- (4) Perforar los orificios para los conectores, los cuales deben quedar ubicados en los cruces de madera y cada 50 cm en el sentido longitudinal de las tablas de refuerzo.



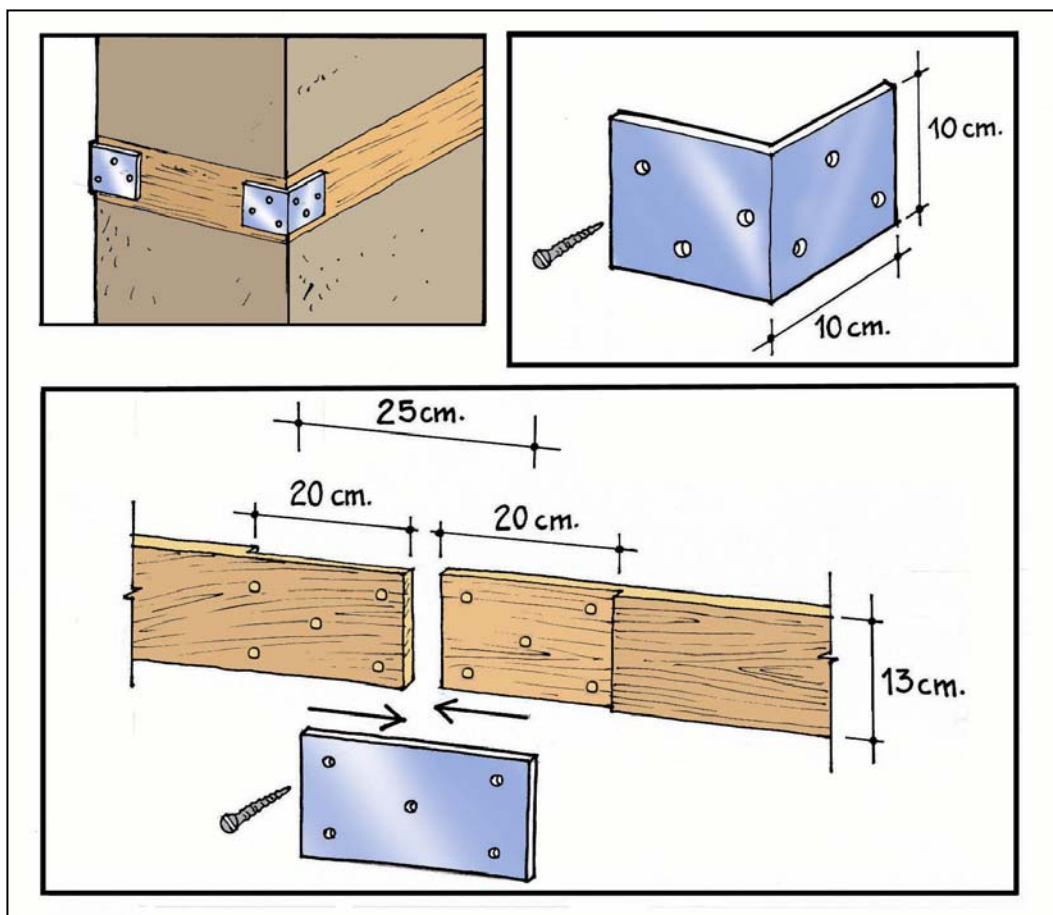
- (5) Instalar las tablas de madera de refuerzo. Primero se instalan las tablas verticales. Solo se ajustaran los pernos que no quedan en las intersecciones



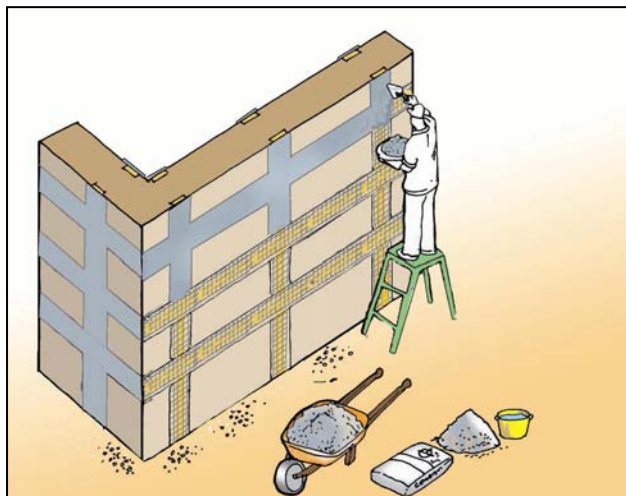
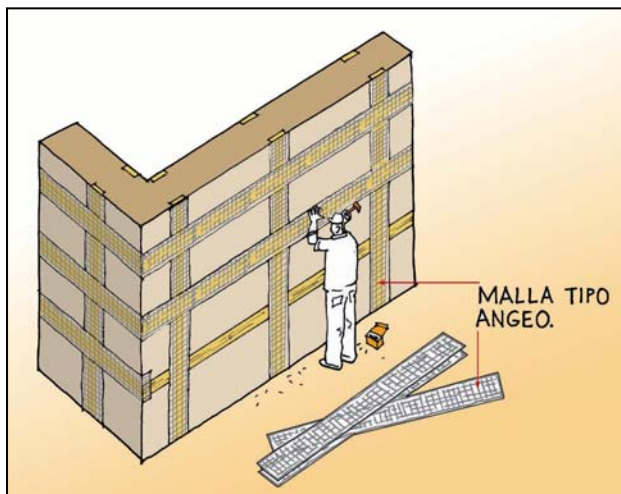
- (6) Instalación las tablas de madera de refuerzo horizontales (posteriores a las verticales). En este momento se podrán ajustar los pernos de las intersecciones y los pernos intermedios de los elementos.



- (7) Ajustar la totalidad de los pernos de conexión. En las esquinas internas y externas se instalan platinas de conexión entre las tablas de madera. Las platinas externas de 1/8 de pulgada se instalan con tornillos golosos. Las platinas internas se instalan con tornillos golosos y/o con los pernos de conexión. En caso de requerirse traslapes entre elementos de madera utiliza un perno de conexión adicional como se indica en el detalle respectivo.

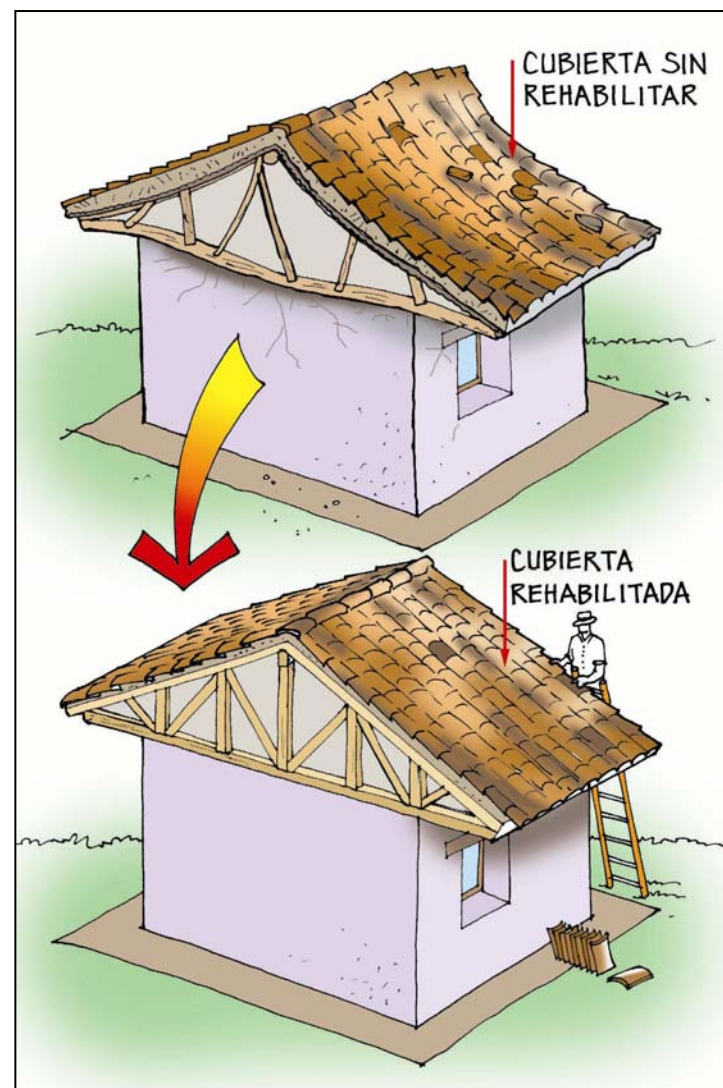


- (8) Colocar segmentos de malla sobre las tablas de madera para aplicar mortero. A continuación se debe aplicar el mortero de recubrimiento.



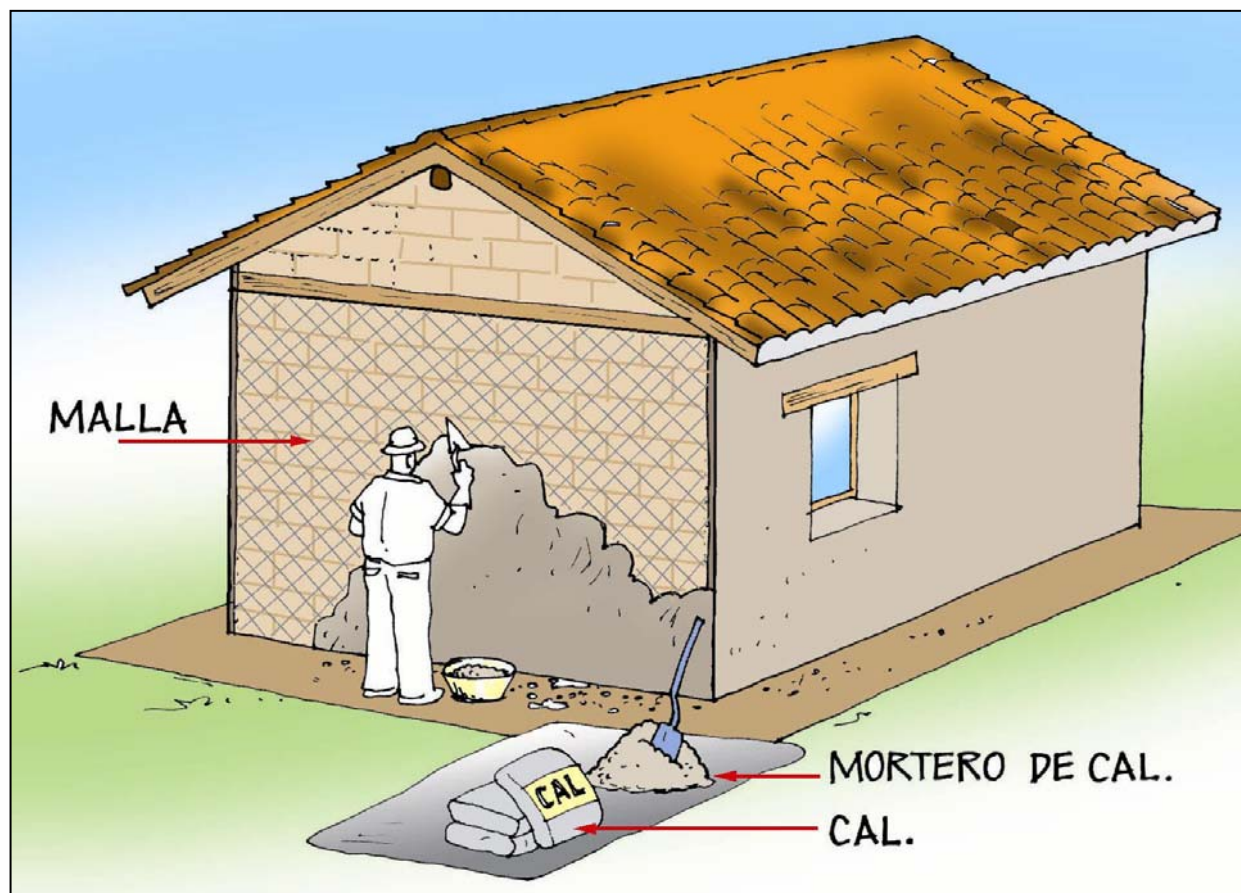
REHABILITACIÓN DE CUBIERTAS

La cubierta debe reconstruirse utilizando elementos de madera o guadua que este en buen estado y debidamente inmunizados. Se debe generar un adecuado arriostramiento en la estructura de cubierta, para mejorar el comportamiento ante las cargas verticales y horizontales. Se puede utilizar teja de barro sobre una capa de papel asfáltico para separar la teja de la madera. Las tejas deben estar adecuadamente amarradas para impedir el deslizamiento de las mismas durante un terremoto.



REHABILITACIÓN DE PAÑETES Y REVOQUES

Cuando se presente agrietamiento y pérdida de revoque, se debe utilizar mortero de cal. Para la colocación del mortero se debe utilizar una malla de gallinero clavada al muro.



CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- | | | | |
|----|---|--|------|
| 1 | The Adobe Book | John F. O' Connor | 1973 |
| 2 | Análisis de Muros Verticales de Adobe | Julio Vargas Neumann | 1976 |
| 3 | Vivienda Rural en Adobe | Julio Vargas Neumann | 1978 |
| 4 | Strengthening of Adobe Houses for Seismic Actions | Roberto Meli, Oscar Hernández, Marciano Padilla | 1980 |
| 5 | Experimental Evaluation of Strengthening methods on low cost masonry houses for seismic actions | Oscar Hernández | 1982 |
| 6 | Cartilla de Pruebas de campo para la selección de tierras en la fabricación de adobes | Luis Enrique Hernández, José Antonio Márquez | 1983 |
| 7 | Memorias: Seminario Latinoamericano de construcciones en Tierra en Áreas Sísmicas | Varios | 1983 |
| 8 | Evaluación Experimental de procedimientos para reforzar vivienda de adobe y hacerla resistente ante la acción sísmica | Dr. Oscar Hernández Basilo | 1983 |
| 9 | Resistencia Sísmica de la Mampostería de Adobe | Julio Vargas Neumann, Juan Bariola, Marcial Blondet | 1984 |
| 10 | Dynamic Test of Adobe building model: Preliminary Report | Charles Scawthorn | 1985 |
| 11 | Behavior of Adobe Shear Wall | Jorge Gallardo Tapia | 1986 |
| 12 | Preservación de las construcciones de Adobe en Zonas Lluviosas | Julio Vargas, Ernesto Heredia, Juan Bariola, Provindar Mehta | 1986 |
| 13 | Dissemination of adobe technology in a house reconstruction program | Juan Vargas Neumann, Daniel Torrealba | 1986 |
| 14 | Improving the moisture Resistance of Adobe Structures | Ernesto Heredia, Juan Bariola, Julio Vargas, Provindar Mehta | 1987 |
| 15 | Earthquake Resistance Provisions for Adobe Constructions in Peru | Juan Bariola, Julio Vargas, Daniel Torrealva, Gianfranco Ottazzi | 1988 |

MANUAL PARA LA REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN ADOBE Y TAPIA PISADA

16	Shaking Table Tests of Improved Adobe Masonry Houses	Gianfranco Otazzi, Juan Yep, Marcial Blondet, Gladys Villa-García, Juan Ginocchio	1988
17	Adobe and Rammed Earth Buildings	Paul Graham McHenry, Jr	1989
18	A monotonic Lateral Loading test of Adobe Wall Specimens	Susumu Fujimatsu	1989
19	Ensayos de Simulación Sísmica de Viviendas de Adobe	Gianfranco Ottazzi, Juan Yep, Marcial Blondet, Gladys Villa-García, Juan Cinocchio C.	1989
20	Criterios de intervención y recomendaciones de diseño a sismo en las estructuras de patrimonio histórico	Antonio Mas-Guindal	1989
21	Construcción con Tapial	ININVI	1989
22	Seismic Tests of Adobe Walls	J. Bariola, A. Sozen	1990
23	Código de Construcciones de adobe de Nuevo México	Nuevo México	1991
24	Estudio experimental y analítico de modelos de ala reducida de mampostería confinada sometidos a cargas laterales	David Pulido Hernández	1991
25	Cómo reparar casas de tapia	Comisión técnica de solidaridad con Urrao Marco Alberto Jaramillo	1992
26	Reconditioning of existing adobe housing to mitigate the effects of earthquakes	L Zegarra, A. Giesecke	1993
27	Advances in Seismic Research of Adobe Houses	Mardonio Euscatigue, Rafael Torres, Carlos Cuadra, Oscar Miranda	1993
28	Improving Earthquake Resistance of Earthen Buildings - Guidelines	Indian Standard	1993
29	Build with Adobe	Marcia Southwick	1994
30	Viviendas de tierra	Marco Silva Lindo	1995
31	Habiterra: Exposición iberoamericana de construcciones con tierra	Varios	1995

MANUAL PARA LA REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN ADOBE Y TAPIA PISADA

32	Buildings of earth and straw. Structural design for Rammed Earth and Straw-Bale Architecture	Bruce King	1996
33	The Rammed Earth House	David Easton	1996
34	Adobe Build It Yourself	Paul Graham Mc. Henry Jr.	1998
35	Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998 y 34 de 1999, Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismorresistente, NSR-98	Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS	1998
36	Revisión del documento de reparación de construcciones en adobe, tapial, ladrillo y bloques de suelo cemento	Daniel Rojas Mora	1999
37	Reforzamiento Sismo-Resistente de Viviendas de Adobe Existentes en la Región Andina	CERESIS - Universidad Católica del Perú	1999
38	Norma Técnica de Edificación NTE E. 080 ADOBE	Código Peruano	1999
39	Reforzamiento de Viviendas de Adobe Existentes: Primera y Segunda Parte	Luis Zegarra, Daniel Quiun, Angel San Bartolomé, Alberto Giesecke	2000
40	Seismic Capacity and retrofitting of Adobe Construction	Raúl Vera, Angel Albiter, Sandra Miranda	2000
41	Seismic Stabilization of Historic Adobe Structures	Tolles, Kimbro, Webster, Ginell	2000
42	Manual Técnico para el reforzamiento de las viviendas de adobe existentes en la costa y la sierra	Luis Zegarra, Angel San Bartolomé, Daniel Quiun, Alberto Giesecke	2001
43	Adobe that survives Earthquake	Sophie Arie	2001
44	Comportamiento ante el terremoto del 23-06-2001 de las viviendas de Adobe Reforzadas en Moquegua, Tacna y Arica	Luis Zegarra, Angel San Bartolomé, Daniel Quiun	2001
45	Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. Fase I	Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS	2002

- | | | | |
|----|--|--|------|
| 46 | Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. Fase II | Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS | 2004 |
| 47 | Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzo de viviendas de bahareques tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del decreto 052 de 2002 | Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS | 2004 |
| 48 | Reconstrucción de viviendas de adobe después de los terremotos del 2001 en El Salvador
Lecciones Aprendidas en el tiempo. Serie aprendiendo de los terremotos Volumen V | Earthquake Engineering Research Institute, EERI
Dominic Dowling | 2004 |

Este manual ha sido elaborado por la **ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA - AIS**, entidad sin ánimo de lucro fundada en 1975, cuyo objetivo ha sido la investigación y promoción de la seguridad sísmica en el territorio nacional. Sus principales aportes al desarrollo del país han sido la realización de los estudios de amenaza sísmica a nivel nacional y la elaboración de normas para la protección sísmica de edificaciones.

En relación con la normativa sismorresistente, su primer aporte de carácter legal correspondió al Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes en 1984. Más recientemente realizó las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, que se aprobaron mediante la Ley 400 de 1997 y el Decreto 33 de 1998, conocidas como las Normas NSR-98, en las cuales se incluyeron disposiciones para el diseño simplificado y la construcción de casas de uno y dos pisos; también conocidas como el Título E. Resultado de una investigación tecnológica cuidadosa apoyada por el FOREC la AIS incorporó en dicho título la construcción de viviendas en bahareque encementado, atendiendo la necesidad de perfeccionar una técnica constructiva tradicional de especial importancia en la región centro-occidente del país y se desarrollaron manuales sencillos, para personas y profesionales no expertos en estructuras, tanto para la construcción de viviendas nuevas de bahareque encementado como para la reparación o rehabilitación de viviendas construidas con bahareques tradicionales. También, se elaboró un manual para la construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería confinada, de acuerdo con la normativa vigente, teniendo en cuenta que la mayoría de las viviendas en el país se realizan con dicho material de construcción.

Como resultado de los efectos del terremoto de enero de 1999, ene. Eje Cafetero, también se reavivó la necesidad de estudiar el comportamiento de las edificaciones construidas en adobe y tapia, encontrándose un gran vacío en el conocimiento de su comportamiento ante sismos y de la manera como se pueden proteger las viviendas construidas con estos materiales. La AIS realizó un cuidadoso estudio técnico, cuyo objetivo no ha sido estimular la construcción de viviendas nuevas de este tipo, pues las normas vigentes prohíben su construcción actualmente, sino con el fin de ilustrar la manera como se construían en el pasado, identificar sus principales deficiencias ante los terremotos y sugerir la manera como se pueden intervenir o rehabilitar aquellas edificaciones existentes; muchas de ellas de reconocido valor patrimonial. Por lo tanto, en cualquier caso, el contenido de este manual debe entenderse como una serie de recomendaciones técnicas idóneas para la reestructuración de viviendas existentes de adobe y tapia, tal como aquí se definen, y no como una normativa legal para la intervención de dichas estructuras. La AIS no se hace responsable por los resultados de la aplicación incorrecta de las recomendaciones aquí contenidas; en consecuencia, confía que su utilización se realice con la asesoría de un ingeniero civil o un arquitecto competente.



**ASOCIACION COLOMBIANA DE
INGENIERIA SISMICA**