

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA

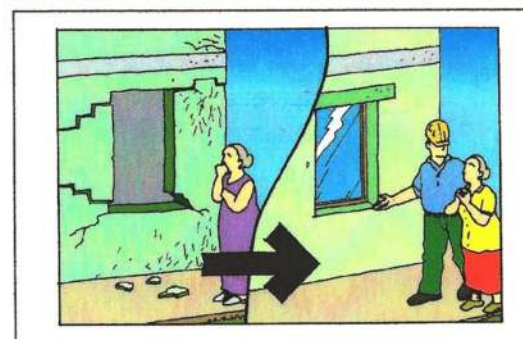
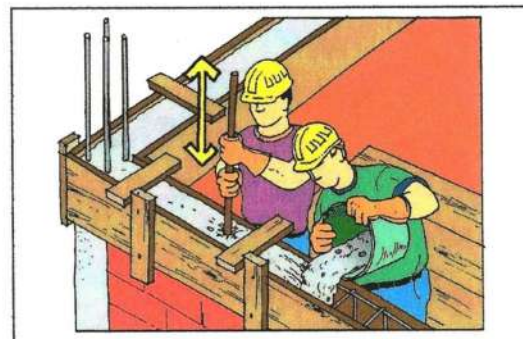
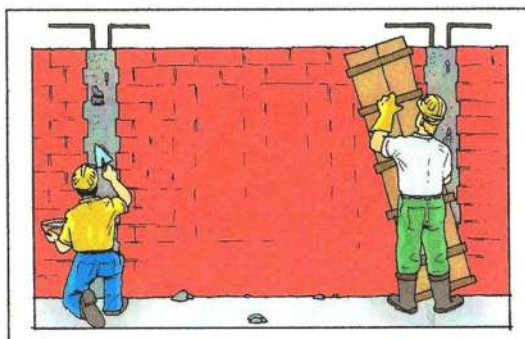
Preparado por:

Ing. Luis Eduardo Yamín L.
Ing. Omar Darío Cardona A.
Ing. Shirley Merlano
Ing. Carlos Blandon
Ing. Luis Gonzalo Mejía Cañas
Ing. Jesús Humberto Arango

Ilustraciones:

Arq. Carlos Alberto Gómez Fernández, Hormiga

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA



ais ASOCIACIÓN COLOMBIANA
DE INGENIERÍA SÍSMICA



FONDO PARA LA RECONSTRUCCIÓN
Y DESARROLLO SOCIAL DEL EJE
CAFETERO - FOREC

INTRODUCCIÓN

Uno de los aportes de las Normas Sísmicas Colombianas desde su primera expedición en 1984 fue el Título E, correspondiente a las disposiciones simplificadas para el diseño y construcción de viviendas de uno y dos pisos. Las nuevas Normas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 incorporaron de nuevo este título, el cual fue revisado y actualizado en algunos aspectos, aunque sus fundamentos siguen siendo los mismos: el contar con unos requisitos simplificados para la construcción de viviendas o casas de uno o dos pisos. El primer capítulo de este manual ilustra y comenta las disposiciones del Título E de las Normas NSR-98, lo que facilitará a los profesionales de la construcción y a otras personas no expertas en el tema la aplicación de especificaciones mínimas en casos de vivienda individual o proyectos que no superen las 15 viviendas o los 3000 metros cuadrados de área de construcción del conjunto.

El segundo capítulo de este manual permite evaluar de manera sencilla la vulnerabilidad sísmica de viviendas de uno y dos pisos ya constituidas, con el fin de identificar las deficiencias que deben ser intervenidas si se desea mejorar su seguridad y su comportamiento sísmico en caso de terremoto. El tercer capítulo presenta un método para evaluar el daño en viviendas afectadas por sismo, con el fin de estimar de qué manera se pueden rehabilitar y mejorar su comportamiento sismo resistente. Finalmente, el cuarto capítulo presenta la manera como se pueden reforzar, reparar o reconstruir viviendas vulnerables o que han sido afectadas por terremotos. De esta manera este manual se orienta a profesionales y a personal no experto en la labor de rehabilitar en forma sismo resistente viviendas de uno y dos pisos de acuerdo con las disposiciones de las Normas NSR-98.

Este manual ha sido elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS con el apoyo financiero del Fondo para la Reconstrucción y Desarrollo Social del Eje Cafetero FOREC y de la Dirección para la Prevención y Atención de Emergencias DPAE de Bogotá. Participaron en su elaboración los Ingenieros Luis Eduardo Yamín L., Omar Darío Cardona A., Shirley Merlano y Carlos Blandón del Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos CEDERI de la Universidad de los Andes. También, hicieron aportes a este trabajo los Ingenieros Luis Gonzalo Mejía y Jesús Humberto Arango de la Asociación de Ingenieros Estructurales de Antioquia. Las ilustraciones fueron realizadas por el Arquitecto Carlos Alberto Gómez Fernández, Hormiga. La AIS agradece a estos profesionales y a todos los miembros de la asociación que realizaron comentarios, recomendaciones y sugerencias por su aporte y disposición.

Omar Darío Cardona Arboleda
Presidente
ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERIA SÍSMICA

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA

CAPITULO I: CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS

TERREMOTOS Y SISMO RESISTENCIA

¿Qué es un terremoto?

¿Qué es la amenaza sísmica?

¿Qué es la sismo resistencia?

LOS PRINCIPIOS DE LA SISMO RESISTENCIA

Forma regular

Bajo Peso

Mayor rigidez

Buena estabilidad

Suelo firme y buena cimentación

Estructura apropiada

Materiales competentes

Calidad de construcción

Capacidad de disipar energía

Fijación de acabados e instalaciones

LOCALIZACIÓN DE LA VIVIENDA

¿Qué hacer?

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

Geometría

Resistencia

Rigidez

Continuidad

MATERIALES

Cemento

Agregados

Acero

Unidades de mampostería

Morteros de pega

CIMENTACIÓN

Generalidades

Detalles de la cimentación

Proceso constructivo

Sobrecimientos

Consideraciones sobre las tuberías

MUROS

Generalidades

Aparejo y juntas de pega

Cantidad mínima de muros en cada dirección

Detalles de los muros confinados

Ejemplo

Proceso constructivo

ABERTURAS EN LOS MUROS

COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO

Generalidades

Columnas de confinamiento

Vigas de confinamiento

LOSAS DE ENTREPISO Y CUBIERTAS

Losas macizas

Proceso constructivo de losas macizas

Losas aligeradas

CUBIERTAS

OTROS DETALLES DE CONSTRUCCIÓN

Instalaciones eléctricas

Instalaciones sanitarias

Escaleras

CAPITULO II: EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS

CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE VIVIENDAS SEGÚN SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN DE MUROS

- Mampostería no reforzada
- Mampostería confinada
- Mampostería reforzada.

TIPOS DE ELEMENTOS SUSCEPTIBLES A SUFRIR DAÑO EN VIVIENDAS DE UNO Y DOS PISOS QUÉ ES LA VULNERABILIDAD SÍSMICA?

ASPECTOS QUE AFECTAN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

- Aspectos geométricos
- Aspectos constructivos
- Aspectos estructurales
- Cimentación
- Suelos
- Entorno

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA

- Aspectos geométricos
 - Irregularidad den planta de la edificación
 - Cantidad de muros en las dos direcciones
 - Irregularidad en altura
- Aspectos constructivos
 - Calidad de las juntas de pega en mortero
 - Tipo y disposición de las unidades de mampostería
 - Calidad de los materiales
- Aspectos estructurales
 - Muros confinados y reforzados
 - Detalles de columnas y vigas de confinamiento
 - Vigas de amarre o corona
 - Características de las aberturas
 - Entrepiso
 - Amarre de cubiertas
- Cimentación
- Suelos
- Entorno

RESUMEN - VULNERABILIDAD

CAPITULO III: EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DAÑO EN VIVIENDAS AFECTADAS POR SISMOS

INTRODUCCIÓN

ELEMENTOS SUSCEPTIBLES A SUFRIR DAÑOS EN VIVIENDAS

- Mampostería no reforzada
 - Muros cortos o pilastras
 - Vigas, dinteles, antepechos
 - Muros fuertes
- Mampostería confinada
 - Paneles
 - Elementos de confinamiento (vigas y columnas)
- Mampostería reforzada.
 - Muros fuertes
 - Muros débiles
 - Vigas, dinteles, antepechos

CLASIFICACIÓN GLOBAL DEL DAÑO EN ELEMENTOS INDIVIDUALES

- Mampostería no reforzada
 - Muros cortos o pilastras (Mecanismo de rotación de muro)
 - Muros cortos o pilastras (Deslizamiento de juntas horizontales)
 - Muros cortos o pilastras (Mecanismo de tensión diagonal)
 - Vigas, dinteles, antepechos (Rotación en elementos de soporte)
 - Vigas, dinteles, antepechos (Rotación y eventual desplazamiento relativo en elementos de soporte)
 - Muros fuertes (Flexión / Rotura de la base / Desplazamiento de las juntas horizontales)
 - Muros fuertes (Grietas por flexión / Rotura de la base)
- Mampostería confinada
 - Paneles (Rotura y fisuración en las esquinas)

- Paneles (Tensión diagonal)
- Paneles (Mecanismo de tensión diagonal)
- Paneles (Desplazamiento de las juntas horizontales)
- Paneles (Rotura diagonal y rotura de las esquinas)
- Paneles (Efectos fuera del plano del muro)
- Columnas de confinamiento (Agrietamiento de la columna por falla a cortante)
- Columnas de confinamiento (Falla del empalme del traslapo)
- Columnas de confinamiento (Daño en la conexión viga-columna)
- Mampostería reforzada.
 - Muros fuertes (Flexión dúctil)
 - Muros fuertes (Flexión / Cortante)
 - Muros fuertes (Flexión / Deslizamiento por corte)
 - Muros fuertes (Flexión / Inestabilidad fuera del plano)
 - Muros fuertes (Flexión / Deslizamiento de las uniones traslapadas)
 - Muros débiles (Flexión / Cortante)
 - Muros débiles (Cortante puro)
 - Vigas débiles (Flexión / Cortante)
 - Vigas débiles (Cortante puro)
 -

RESUMEN - EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DAÑO

CALIFICACIÓN GLOBAL DEL DAÑO EN VIVIENDAS DE UNO Y DOS PISOS

ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES TÍPICOS DE UNA VIVIENDA SUSCEPTIBLES DE SUFRIR DAÑO

DAÑOS EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

EJEMPLOS TÍPICOS DE DAÑO EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

CAPITULO IV: REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE

QUÉ ES REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS?

- Reparaciones
- Reforzamiento
- Reconstrucción

CUÁNDO SE REQUIERE REHABILITAR UNA VIVIENDA?

PROCEDIMIENTO PARA DEFINIR EL GRADO DE INTERVENCIÓN PARA REHABILITACIÓN

CÓMO SE REHABILITA UNA VIVIENDA?

REHABILITACIÓN - VULNERABILIDAD

REHABILITACIÓN - DAÑOS

A. REPARACIÓN DE VIVIENDAS

- A.1 Reparación cosmética: Pañete
- A.2 Reparación cosmética: Reparación de juntas de mortero
- A.3 Reparación cosmética: Inyección de grietas con epóxico
- A.4 Reparación Estructural: Inyección de grietas
- A.5 Roturas y estilladuras de material
- A.6 Reparación Estructural: Reemplazo de barras de refuerzo
- A.7 Reparación Estructural: Reemplazo de muros
- A.8 Reparación Estructural: Reparación de elementos de confinamiento de concreto reforzado
- A.9 Reparación Estructural: Reemplazo de elementos de entrepiso y/o cubierta de madera

B. REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS

- B.1 Construcción de vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado
- B.2 Revestimiento estructural en concreto reforzado
- B.3 Refuerzo de la cimentación
- B.4 Confinamiento de aberturas
- B.5 Reemplazo de muros no estructurales o muros con aberturas por muros estructurales
- B.6 Costura de grietas con barras de refuerzo
- B.7 Revestimiento estructural mediante fibras compuestas

BIBLIOGRAFIA

CAPÍTULO I

CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS

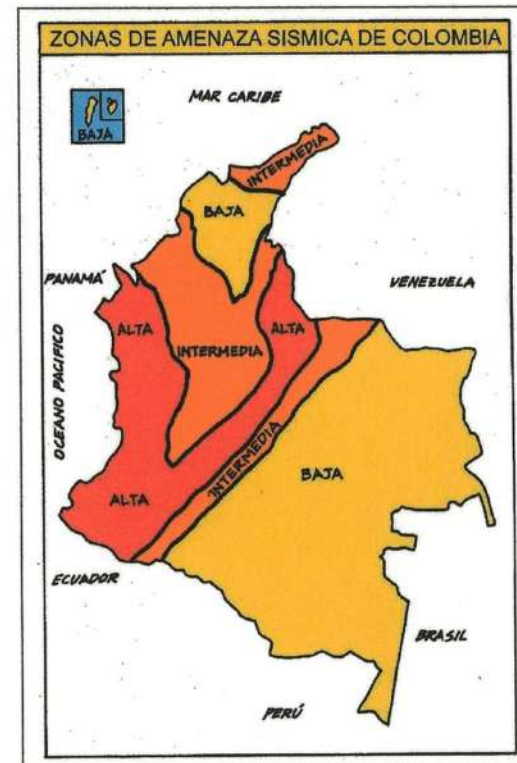
TERREMOTOS Y SISMO RESISTENCIA

♦ ¿Qué es un terremoto?

Es una vibración o movimiento ondulatorio del suelo que se presenta por la súbita liberación de energía sísmica, que se acumula dentro de la tierra debido a fuertes tensiones o presiones que ocurren en su interior. Los sismos o terremotos pueden causar grandes desastres, en especial donde no se han tomado medidas preventivas de protección, relacionadas con la sismo resistencia de las edificaciones. Los terremotos son fenómenos naturales que se presentan por el movimiento de placas tectónicas o fallas geológicas que existen en la corteza terrestre. También se producen por actividad volcánica. Colombia hace parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, que es una de las zonas del planeta en la cual se presenta una alta actividad sísmica y un mayor peligro o amenaza, es decir, una zona donde se pueden presentar terremotos con frecuencia y algunos pueden ser de intensidad notable.

♦ ¿Qué es la amenaza sísmica?

Cuando existe la probabilidad de que se presenten sismos de cierta severidad en un lugar y en un tiempo determinado, se dice que existe amenaza sísmica. El peligro o amenaza sísmica varía de un lugar a otro. Hay zonas de mayor amenaza sísmica, es decir, zonas o lugares donde se espera que se presenten sismos con mayor frecuencia y con mayor intensidad.



¿Qué es la sismo resistencia?

Se dice que una edificación es sismo resistente cuando se diseña y construye con una adecuada configuración estructural, con componentes de dimensiones apropiadas y materiales con una proporción y resistencia suficientes para soportar la acción de fuerzas causadas por sismos frecuentes. Aun cuando se diseñe y construya una edificación cumpliendo con todos los requisitos que indican las normas de diseño y construcción sismo resistente, siempre existe la posibilidad de que se presente un terremoto aun más fuerte que los que han sido previstos y que deben ser resistidos por la edificación sin que ocurran colapsos totales o parciales en la edificación.

Por esta razón, no existen edificios totalmente sismo resistentes. Sin embargo, la sismo resistencia es una propiedad o capacidad que se le provee a la edificación con el fin de proteger la vida y los bienes de las personas que la ocupan. Aunque se presenten daños, en el caso de un sismo muy fuerte, una edificación sismo resistente no colapsará y contribuirá a que no haya pérdida de vidas ni pérdida total de la propiedad.

Una edificación no sismo resistente es vulnerable, es decir susceptible o predispuesta a dañarse en forma grave o a colapsar fácilmente en caso de terremoto. El sobre costo que significa la sismo resistencia es mínimo si la construcción se realiza correctamente y es totalmente justificado, dado que significa la seguridad de las personas en caso de terremoto y la protección de su patrimonio, que en la mayoría de los casos es la misma edificación.



LOS PRINCIPIOS DE LA SISMO RESISTENCIA

♦ Forma regular

La geometría de la edificación debe ser sencilla en planta y en elevación. Las formas complejas, irregulares o asimétricas causan un mal comportamiento cuando la edificación es sacudida por un sismo. Una geometría irregular favorece que la estructura sufra torsión o que intente girar en forma desordenada. La falta de uniformidad facilita que en algunas esquinas se presenten intensas concentraciones de fuerza, que son en general difíciles de resistir.

♦ Bajo peso

Entre más liviana sea la edificación menor será la fuerza que tendrá que soportar cuando ocurre un terremoto. Grandes masas o pesos se mueven con mayor severidad al ser sacudidas por un sismo y, por lo tanto, la exigencia de la fuerza actuante será mayor sobre los componentes de la edificación. Cuando la cubierta de una edificación es muy pesada, por ejemplo, ésta se moverá como un péndulo invertido causando esfuerzos y tensiones muy severas en los elementos sobre los cuales está soportada.

♦ Mayor rigidez

Es deseable que la estructura se deforme poco cuando se mueve ante la acción de un sismo. Una estructura flexible o poco sólida al deformarse exageradamente favorece que se presenten daños en

paredes o divisiones no estructurales, acabados arquitectónicos e instalaciones que usualmente son elementos frágiles que no soportan mayores distorsiones.

♦ Buena estabilidad

Las edificaciones deben ser firmes y conservar el equilibrio cuando son sometidas a las vibraciones de un terremoto. Estructuras poco sólidas e inestables se pueden volcar o deslizar en caso de una cimentación deficiente. La falta de estabilidad y rigidez favorece que edificaciones vecinas se golpeen en forma perjudicial si no existe una suficiente separación entre ellas.

♦ Suelo firme y buena cimentación

La cimentación debe ser competente para transmitir con seguridad el peso de la edificación al suelo. También, es deseable que el material del suelo sea duro y resistente. Los suelos blandos amplifican las ondas sísmicas y facilitan asentamientos nocivos en la cimentación que pueden afectar la estructura y facilitar el daño en caso de sismo.

♦ Estructura apropiada

Para que una edificación soporte un terremoto su estructura debe ser sólida, simétrica, uniforme, continua o bien conectada.

Cambios bruscos de sus dimensiones, de su rigidez, falta de continuidad, una configuración estructural desordenada o voladizos excesivos facilitan la concentración de fuerzas nocivas, torsiones y deformaciones que pueden causar graves daños o el colapso de la edificación.

♦ Materiales competentes

Los materiales deben ser de buena calidad para garantizar una adecuada resistencia y capacidad de la estructura para absorber y disipar la energía que el sismo le otorga a la edificación cuando se sacude. Materiales frágiles, poco resistentes, con discontinuidades se rompen fácilmente ante la acción de un terremoto. Muros o paredes de tapia de tierra o adobe, de ladrillo o bloque sin refuerzo, sin vigas y columnas, son muy peligrosos.

♦ Calidad en la construcción

Se deben cumplir los requisitos de calidad y resistencia de los materiales y acatar las especificaciones de diseño y construcción. La falta de control de calidad en la construcción y la ausencia de supervisión técnica ha sido la causa de daños y colapsos de edificaciones que aparentemente cumplen con otras características o principios de la sismo resistencia. Los sismos

descubren los descuidos y errores que se hayan cometido al construir.

♦ Capacidad de disipar energía

Una estructura debe ser capaz de soportar deformaciones en sus componentes sin que se dañen gravemente o se degrade su resistencia. Cuando una estructura no es dúctil y tenaz se rompe fácilmente al iniciarse su deformación por la acción sísmica. Al degradarse su rigidez y resistencia pierde su estabilidad y puede colapsar súbitamente. Los flejes o estribos en las vigas y columnas de concreto deben colocarse muy juntos para darle confinamiento y mayor resistencia al concreto y la armadura longitudinal.

♦ Fijación de acabados e instalaciones

Los componentes no estructurales como tabiques divisorios, acabados arquitectónicos, fachadas, ventanas, e instalaciones deben estar bien adheridos o conectados y no deben interactuar con la estructura. Si no están bien conectados se desprenderán fácilmente en caso de un sismo. También pueden sufrir daños si no están suficientemente separados, es decir si interactúan con la estructura que se deforma lateralmente ante la acción del sismo.

LOCALIZACIÓN DE VIVIENDA

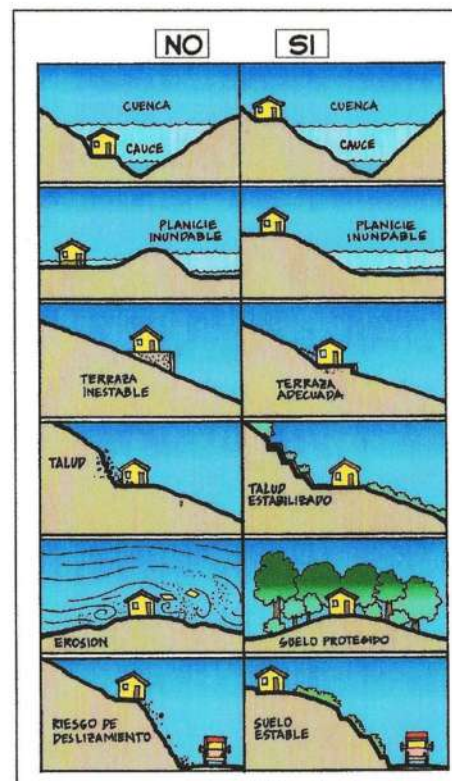
Deben buscarse lugares en los cuales el suelo sea estable, donde no exista la posibilidad de deslizamiento o caída de rocas en caso de sismo. Evite ubicarse en el cauce de los ríos.

Para evitar daños por la caída de rocas o deslizamientos no se ubique inmediatamente al lado de laderas (taludes) o suelos inestables, especialmente cuando hay evidencia de que estos fenómenos han ocurrido antes.

♦ ¿Que hacer?

La vivienda debe construirse alejada de laderas de las cuales se tenga duda de su estabilidad o realice la estabilización y protección del talud. No construya sobre suelos sueltos en ladera, ya que durante un sismo se pueden soltar fácilmente y arrastrar la vivienda. Si la pendiente de la ladera es mayor al 30 % se debe buscar la asesoría de un ingeniero de suelos y de un ingeniero estructural.

Los lugares que están cerca de las riberas de los ríos o planicies inundables deben evitarse, ya que los sismos podrían causar deslizamientos que pueden represar el río y dar origen a avalanchas. Después de un sismo se debe estar siempre atento a cambios repentinos del nivel del río. Si un río disminuye notablemente su caudal después de un sismo pudo haberse represado. Ubíquese en zonas altas fuera del alcance de la inundación o avalancha.



CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

♦ Geometría

Se deben construir muros en dos direcciones perpendiculares entre sí. La geometría de la vivienda debe ser regular y simétrica. Una vivienda simétrica, bien construida, resiste mejor la acción de los terremotos. Se debe evitar construir viviendas con formas alargadas y angostas donde el largo de la vivienda es mayor a tres veces su ancho.

Geometrías irregulares o asimétricas en el plano horizontal como vertical causan un mal comportamiento cuando la vivienda es sacudida por un sismo. Una geometría irregular favorece que la vivienda sufra torsión o que intente girar en forma desordenada. La falta de uniformidad facilita que en algunas esquinas se presenten intensas concentraciones de fuerza, que pueden ser difíciles de resistir.

♦ Resistencia

Es necesario garantizar uniformidad en el uso de los materiales en los muros, estructuras, cubiertas y demás. Esto permite una respuesta integral de la edificación en caso de sismo. La vivienda debe ser firme y conservar el equilibrio cuando es sometida a la vibración de un terremoto. Viviendas poco sólidas e inestables se pueden volcar o deslizar fácilmente.



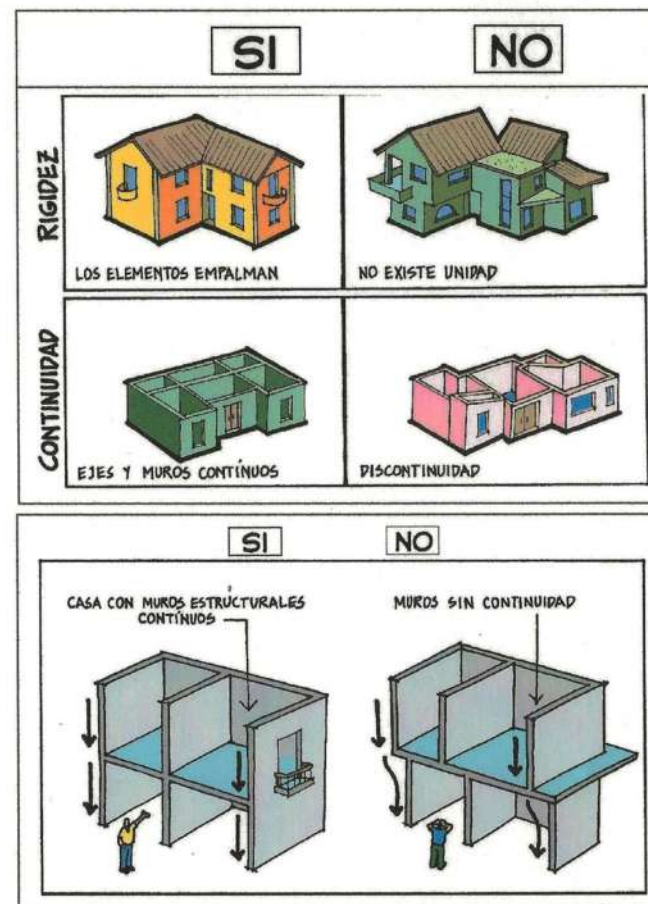
♦ Rigidez

Es deseable que los elementos que conforman la estructura de la vivienda se empalmen monolíticamente como una unidad y que se deformen poco cuando la vivienda se mueve ante la acción de un sismo. Una vivienda flexible o poco sólida al deformarse exageradamente favorece que se presenten daños en paredes o divisiones no estructurales, acabados arquitectónicos e instalaciones que usualmente son elementos frágiles que no soportan mayores distorsiones.

♦ Continuidad

Para que una edificación soporte un terremoto su estructura debe ser sólida, simétrica, uniforme, continua o bien conectada. Cambios bruscos de sus dimensiones, de su rigidez, falta de continuidad, una configuración estructural desordenada o voladizos excesivos facilitan la concentración de fuerzas nocivas, torsiones y deformaciones que pueden causar graves daños o el colapso de la edificación.

En una vivienda los ejes de los muros deben ser colineales y la mampostería con juntas y pegas continuas. Debe existir aproximadamente la misma longitud de muros en las dos direcciones perpendiculares de la vivienda. Esto se debe a que las fuerzas del sismo se pueden presentar en cualquier dirección. Cuando la vivienda tiene dos pisos es necesario que los muros que cargan el techo sean una continuación de los muros del primer piso que se apoyan sobre la cimentación. Si los muros del segundo piso no coinciden exactamente con los muros del primer piso, éstos simplemente aumentan las cargas o el peso sobre el primer piso sin ayudar a soportar las fuerzas que causa el terremoto. Las aberturas en los muros de la vivienda deben estar distribuidas en todos los muros en forma equilibrada.



MATERIALES

Los materiales deben ser de buena calidad para garantizar una adecuada resistencia y capacidad de la vivienda para absorber y disipar la energía que el sismo le otorga cuando la vivienda se sacude.

Materiales frágiles, poco resistentes, con discontinuidades se rompen fácilmente ante la acción de un terremoto. Muros o paredes de tapia de tierra o adobe, de ladrillo o bloque sin refuerzo, sin vigas y columnas, son muy peligrosos.

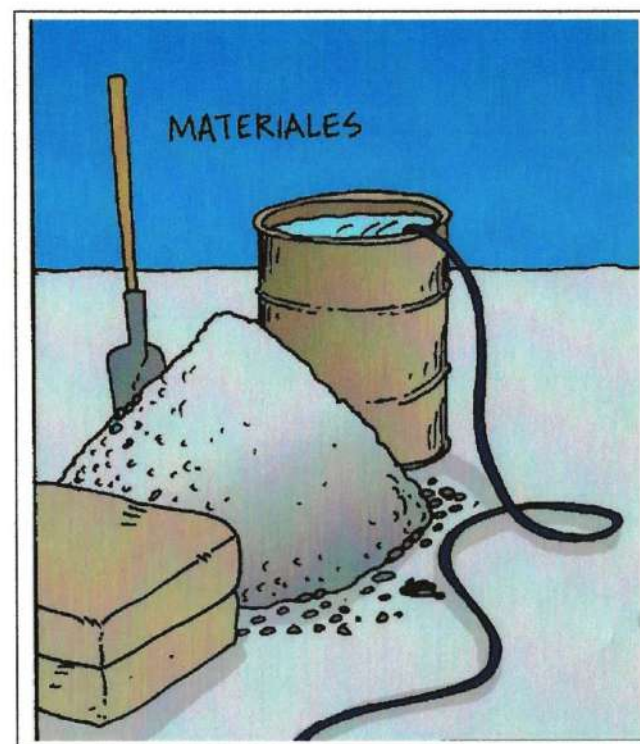
♦ Cemento

El cemento debe estar en su empaque original, fresco y al utilizarse se debe asegurar que conserva sus características de polvo fino sin grumos.

El cemento se debe almacenar en un lugar techado, sin contacto con paredes o muros que puedan humedecerlo. Debe colocarse sobre madera o plástico para evitar la humedad proveniente del suelo. Las pilas deben ser de 12 sacos de cemento como máximo y no debe almacenarse por un tiempo mayor de dos meses.

♦ Agregados

La grava y la arena no deben estar sucias o mezcladas con materia orgánica (tierra), pantano o arcilla. Esto produce que la resistencia



del concreto disminuya notablemente o se produzca gran cantidad de fisuras en los morteros.

La piedra o cascajo no debe ser frágil ni tener tamaños mayores a 7 cm.

Dosificación del Concreto

Debe realizarse en forma muy cuidadosa. Se recomienda tener en cuenta la siguiente dosificación (de acuerdo a la tabla anexa) según sea el elemento estructural que se va a construir.

En lo posible, la cantidad de agua (en peso) debe ser la mitad de la cantidad (en peso) de cemento.

Las partes se deben medir en el mismo recipiente como balde, tarro o cajón.

Para obtener un concreto de buena calidad hay que controlar la cantidad de agua que se le agrega.

Mezclado

Se recomienda medir las partes de arena y vaciarlas sobre un piso limpio y plano. Añadir las partes correspondientes de cemento y mezclar hasta obtener un color uniforme. Luego añadir las partes de grava y el agua debidamente medidas.

Cuando realice una mezcla de concreto realice la prueba de la bola. Forme una bola con la mezcla. Si no la puede formar le falta agua o arena. Si se le escurre en las manos, se pasó de agua.

Dosificación del Concreto

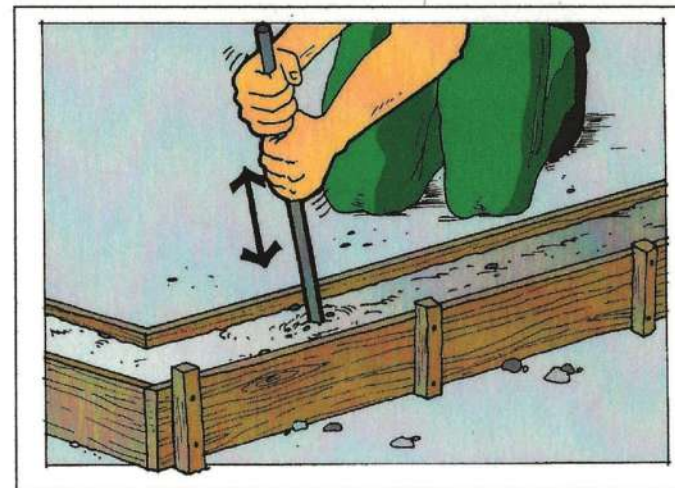
Elementos	Cemento	Arena lavada	Grava
Bases	1 parte	2 partes	2 $\frac{1}{2}$ partes
Columnas y Vigas	1 parte	2 partes	2 partes
Pisos	1 parte	2 partes	3 partes
Dinteles	1 parte	2 partes	3 partes



Vibrado

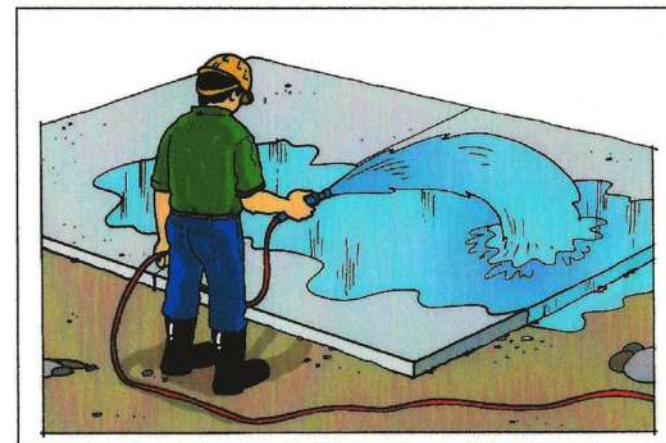
Una vez colocado el concreto en el sitio, se debe chuzar con una varilla lisa y recta que tenga una punta redondeada.

El vibrado se debe hacer para eliminar las burbujas de aire en el concreto y evitar futuros hormigueros o huecos en los elementos estructurales que debilitan su resistencia, rigidez y continuidad.



Curado

El concreto necesita tiempo de curado, porque no todas sus partículas reaccionan y se endurecen al mismo tiempo. El tiempo de curado, generalmente, es de una semana. Durante este tiempo se debe proteger el concreto del viento y del sol y debe mantenerse tan húmedo como sea posible especialmente los tres primeros días.



♦ Acero

El acero se identifica por números, los más usados en la construcción de viviendas de uno y dos pisos se presentan en la siguiente tabla.

El refuerzo debe usarse preferiblemente corrugado. Esto mejora la adherencia entre el concreto y el acero.

Antes de vaciar el concreto se debe revisar que el refuerzo este limpio de óxido y grasa.

Como se muestra en los diferentes detalles de este manual, los extremos de las varillas longitudinales tienen un gancho que sirve para que el refuerzo quede debidamente anclado en el concreto.

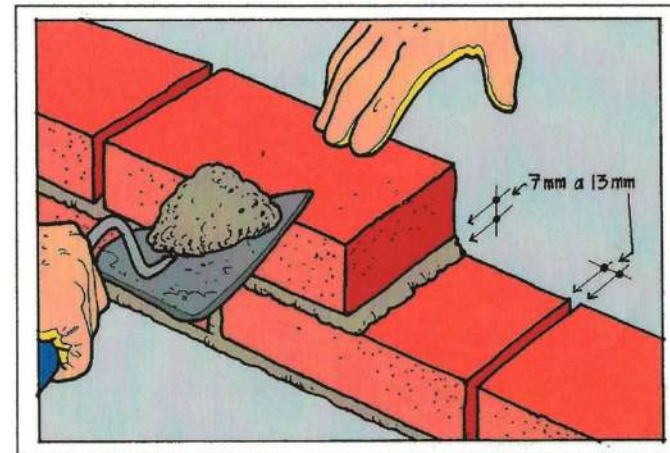
♦ Unidades de Mampostería

Si se utilizan ladrillos para construir los muros éstos deben colocarse totalmente húmedos o saturados de agua, y por el contrario, si se utilizan bloques de concreto, éstos deben colocarse totalmente secos.

Utilice preferiblemente ladrillo macizo o tolete. Cuando utilice ladrillo perforado, compruebe que los huecos no constituyen un porcentaje mayor del 25% del área de la sección. La distancia mínima que debe existir entre los huecos y el borde de la pieza debe ser de 2 cm.

Identificación del Acero

Numero	pulgadas	Observaciones
2	$\frac{1}{4}$ "	Usado para los estribos o flejes
3	$\frac{3}{8}$ "	Usado para el refuerzo longitudinal
4	$\frac{1}{2}$ "	Usado para el refuerzo longitudinal



♦ **Morteros de Pega**

La dosificación por volumen no debe ser menor a 1 unidad de cemento por 4 de arena, es decir nunca inferior de 1:4 (cemento:arena).

La cal no reemplaza el cemento pero mejora la mezcla. La cal se debe mezclar con agua (40 kg de cal por 55 galones de agua). Unas 48 horas después de utilizado, el mortero de buena calidad se deja rayar con un clavo mientras que el de mala calidad se desmorona.

CIMENTACIÓN

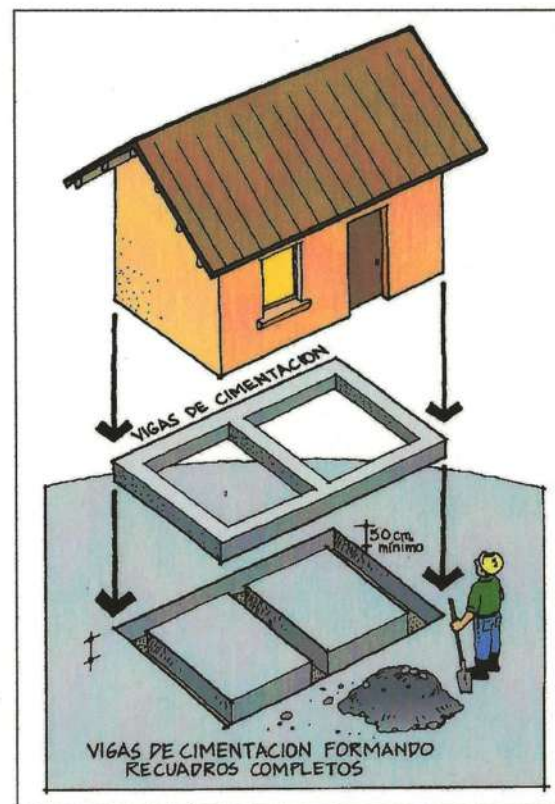
♦ Generalidades

La cimentación debe ser competente para transmitir con seguridad el peso de la vivienda al suelo. También, es deseable que el material del suelo sea duro y resistente. Los suelos blandos amplifican las ondas sísmicas y facilitan asentamientos nocivos en la cimentación que pueden afectar la estructura y facilitar el daño en caso de sismo.

El sistema de cimentación debe conformar anillos cerrados, con el fin de que las cargas se distribuyan lo más uniformemente posible sobre el suelo y para lograr que la vivienda sea sólida y monolítica cuando un sismo actúe sobre ella.

Las viviendas deben cimentarse siempre en un terreno estable y deben empotrarse por lo menos 50 cm dentro del terreno. Se debe proteger la cimentación de la acción del agua, es deseable impermeabilizarla para que no se deteriore con el tiempo.

Antes de construir es importante enterarse cómo ha sido el comportamiento de las construcciones vecinas; si se han agrietado o han tenido asentamientos. Evite suelos muy blandos o rellenos recientes. Para verificar la calidad del suelo es útil realizar un apique o hueco en el suelo de una profundidad mínima de dos metros. Una forma sencilla de saber si el terreno es blando o es firme consiste en tratar de enterrar una varilla número 4 (de $\frac{1}{2}$ ") en el fondo del apique. Si la varilla penetra fácilmente el terreno puede considerarse blando, de lo contrario el terreno podría considerarse firme.



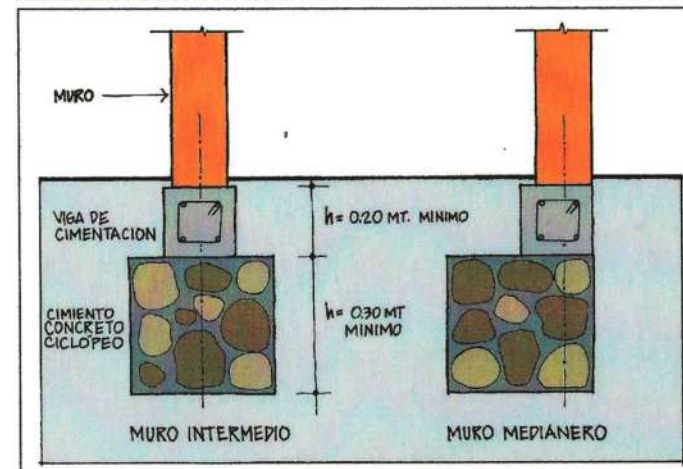
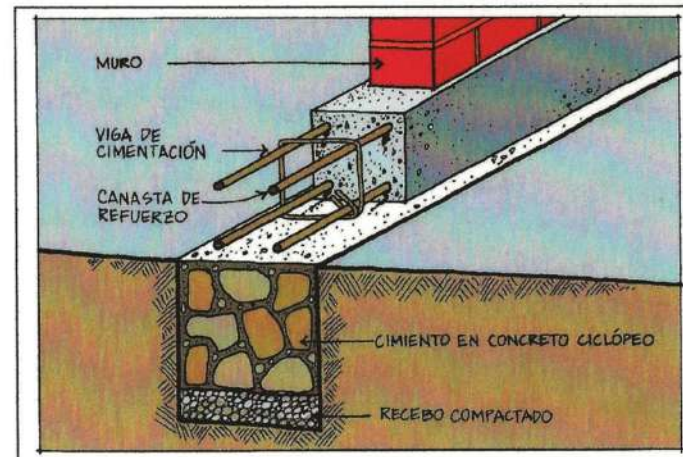
Los suelos blandos usualmente son de arcilla o pueden ser una mezcla de arcillas y arenas poco consolidadas y húmedas. Un terreno firme normalmente se caracteriza porque el suelo es de arena seca bien compactada, o es pedregoso o de roca sólida.

La losa o placa sobre la cual se realiza el acabado del piso se debe vaciar haciendo contacto con los muros de la vivienda sobre un relleno compactado de material seleccionado o recebo.

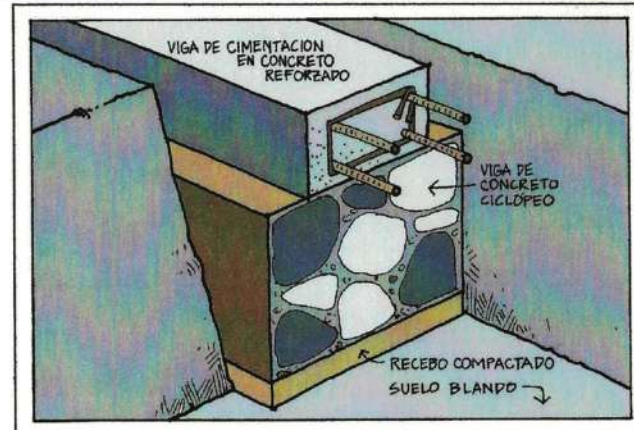
Materiales no aptos como suelo orgánico o desperdicio deben retirarse del sitio donde se hace la cimentación.

♦ Detalles de la Cimentación

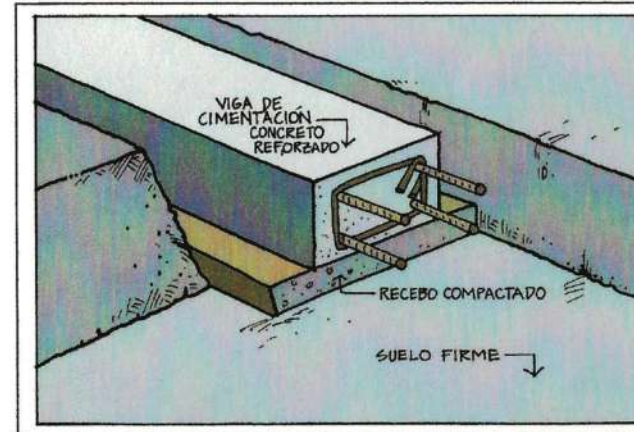
En suelos de poca resistencia o cuando a cierta profundidad (menos de 1.0 m) se encuentre un suelo de mayor resistencia al superficial se recomienda construir previamente un cimiento de concreto ciclópeo sobre el cual se coloque la viga de amarre o de cimentación de concreto reforzado.



Si el terreno es blando se debe colocar una capa de relleno de grava sobre la cual se apoya el cimiento de concreto ciclópeo.



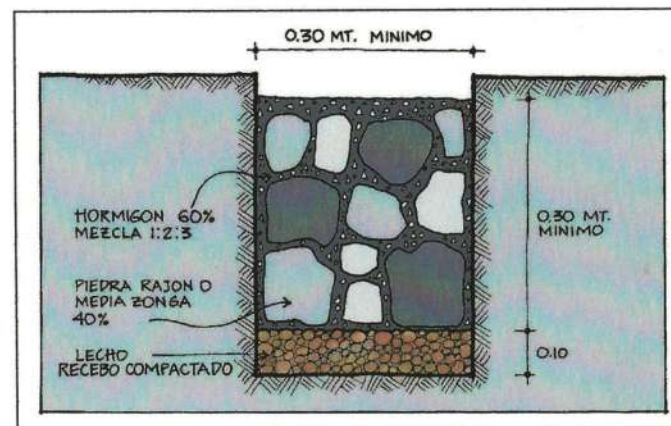
Si el suelo es firme no es necesario construir el cimiento de concreto ciclópeo.



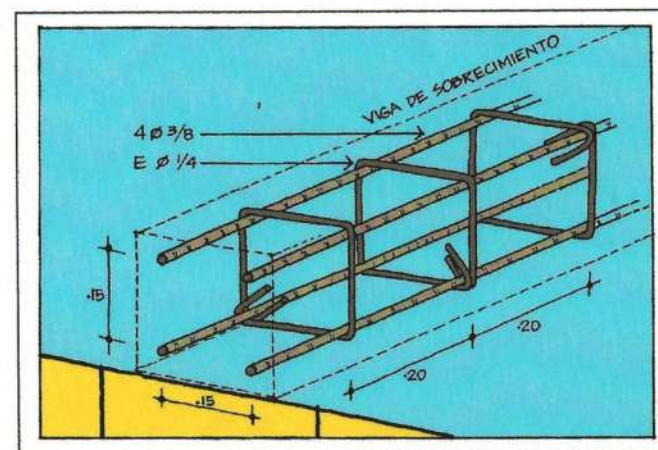
En ambos casos se debe construir la viga de cimentación o viga de amarre de concreto reforzado.

La altura del cimiento en concreto ciclópeo no debe ser inferior a 30 cm y el ancho debe ser suficiente para trasladar adecuadamente las cargas del muro que va a soportar al suelo según sea la capacidad portante del suelo. En ningún caso el ancho del cimiento debe ser menor a 30 cm.

El cimiento de concreto ciclópeo debe construirse en un 60% con un concreto 1:2:3 (proporción en volumen cemento:arena:grava) y en un 40% con piedra rajón o media zonga.

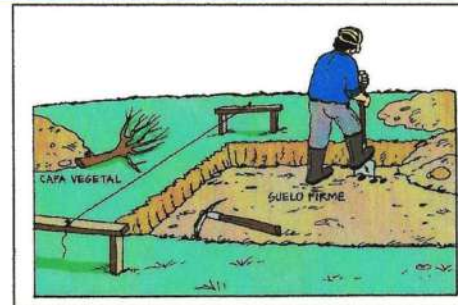


La viga de amarre, o viga de cimentación propiamente dicha, debe ser de concreto 1:2:3 (proporción en volumen cemento:arena:grava), con un espesor mayor al muro que va a recibir y con una altura que no debe ser inferior a 20 cm. Su armadura o canasta debe estar integrada por 4 varillas longitudinales de un diámetro mínimo de 3/8 de pulgada y debe contar con estribos de diámetro $\frac{1}{4}$ de pulgada separados cada 20 cm entre sí.

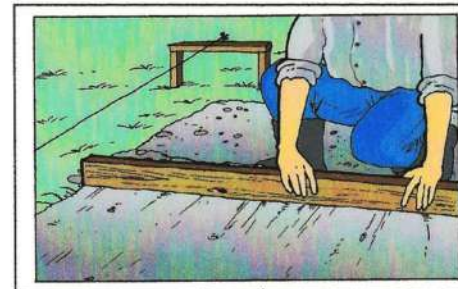


♦ Proceso constructivo

Inicialmente se debe adecuar el terreno, limpiando toda la vegetación, basuras y escombros. Se debe descapotar o eliminar la capa vegetal (maleza, raíces, árboles) hasta encontrar suelo firme.



Es necesario nivelar o enrasar el terreno haciendo excavaciones y rellenos hasta que el terreno quede parejo.

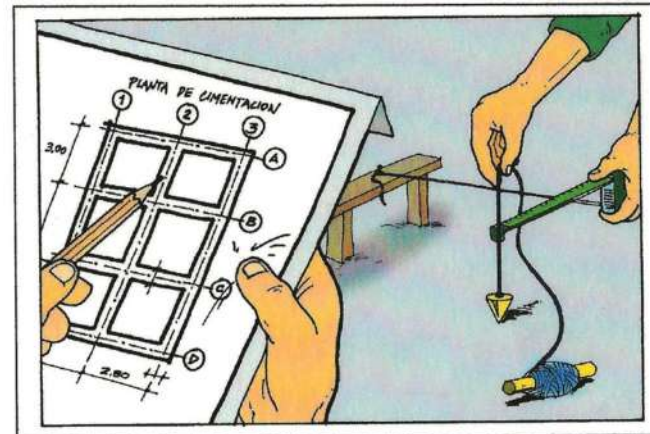


Se debe apisonar, humedecer y golpear con un pisón el terreno hasta volverlo firme y duro.



El trazado, es decir el pasar las medidas del plano al lote en tamaño real, debe realizarse teniendo en cuenta que es necesario:

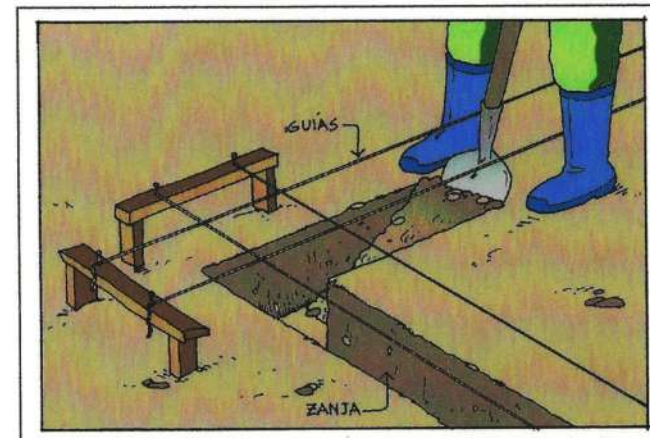
- Revisar la ubicación de los linderos
- Marcar los cruces de los muros o sus ejes
- Ubicar los caballetes de replanteo, y
- Definir el ancho de la excavación para los cimientos.



La excavación se debe realizar cavando de acuerdo con lo indicado en los planos y según el replanteo en donde se van a levantar los muros.

De ser necesario, se debe mejorar el terreno con material granular compactado y apisonado (recebo compactado).

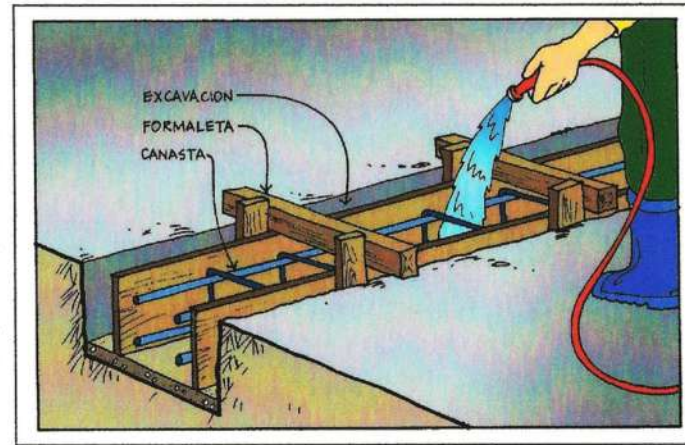
Se debe evitar el encharcamiento de las excavaciones donde se construye la cimentación.



En lo posible, se deben utilizar formaletas de madera en la excavación para garantizar el buen terminado y la calidad del concreto.

Antes de vaciar el concreto, se deben humedecer las caras laterales de la formaleta y el fondo de la misma.

El concreto debe compactarse y vibrarse mediante una varilla y mediante golpes a la formaleta cuando se esté vaciando el concreto. Esto es necesario para homogenizarlo.



La superficie del concreto debe enrasarse para darle un acabado parejo. Esto facilita la adherencia entre el concreto y el mortero de pega.

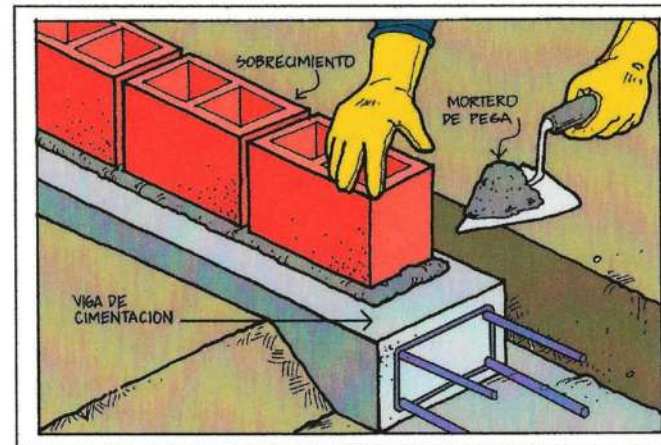
Finalmente debe estriarse la superficie donde se van a colocar los muros de mampostería.



♦ Sobrecimientos

Son las hiladas de bloques o ladrillos que se colocan entre la viga de cimentación y el nivel del piso.

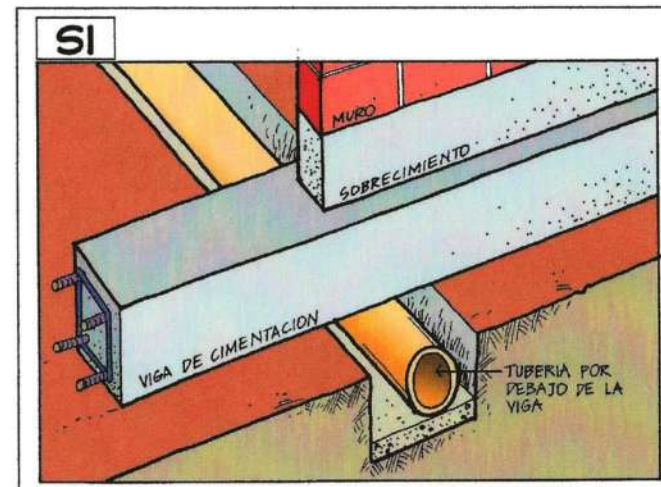
Los sobrecimientos deben además ser impermeables para evitar la entrada de humedad a los muros y pisos de la edificación. Para lograr impermeabilidad se puede agregar al mortero de pega un aditivo en el caso de que sean hiladas o bloques de ladrillos o se puede aplicar cualquier otro producto impermeabilizante en las caras del sobrecimiento y en la parte inferior de las placas de entrepiso.



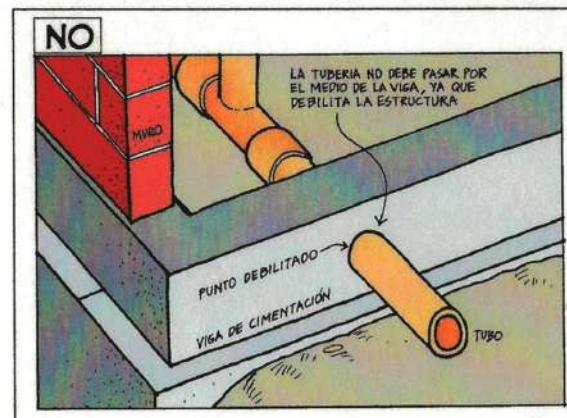
♦ Consideraciones sobre las tuberías

Cuando sea necesario pasar a alguna tubería por debajo de la viga de cimentación, se debe procurar realizar las excavaciones antes de vaciar el concreto.

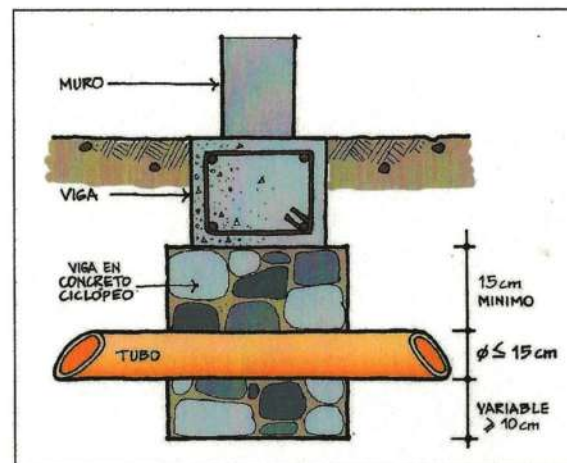
Cuando se a necesario pasar por encima de la viga de cimentación, los tubos pueden atravesar la primera hilada de ladrillos o bloques, que en este caso es el sobrecimiento.



Nunca pase las tuberías por el medio de las vigas o las columnas, dado que se debilita la estructura.



En caso necesario se puede atravesar la viga de cimentación en concreto ciclópeo, siempre y cuando el diámetro de la tubería no exceda el orden de 15 cm y se mantengan distancias prudentes a los bordes de la viga.



MUROS

♦ Generalidades

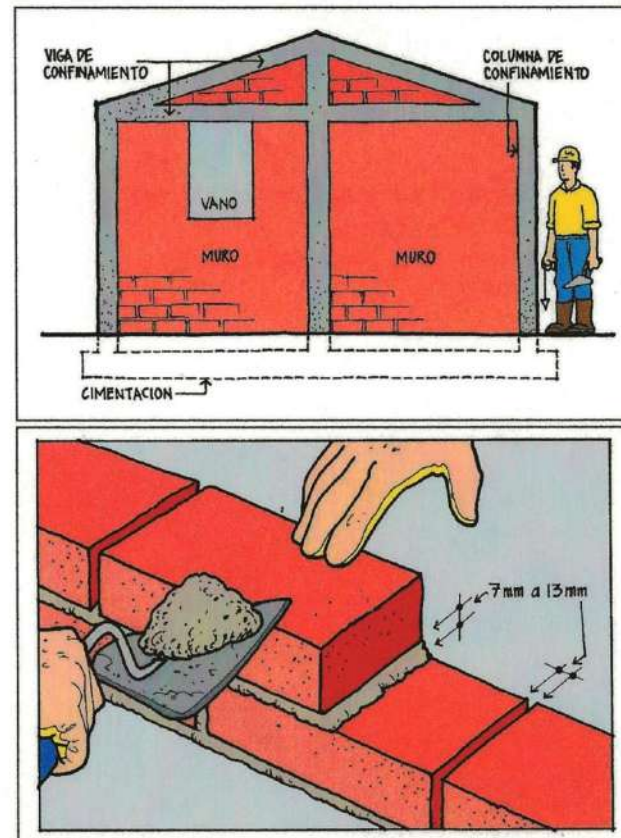
Para que una vivienda resista un sismo intenso su estructura debe ser sólida, simétrica, uniforme, continua o bien conectada. Cambios bruscos de sus dimensiones, de su rigidez, falta de continuidad, una configuración estructural desordenada o voladizos excesivos facilitan la concentración de fuerzas nocivas, torsiones y deformaciones que pueden causar graves daños o el colapso de la edificación.

Los muros estructurales de vivienda son aquellos encargados de transmitir las cargas verticales y horizontales hasta la cimentación. De los muros estructurales depende la estabilidad de la construcción. Todos los muros estructurales deben cumplir los requerimientos de refuerzo establecidos en este capítulo.

Por lo anterior, los muros estructurales de las viviendas de uno y dos pisos tienen que estar bien pegados, deben ser continuos en altura y confinados a través de vigas y columnas o columnetas a su alrededor.

♦ Aparejo y juntas de pega

Los muros deben construirse con los ladrillos trabados y no en petaca. El espesor de la pega no debe ser menor a 0.7 centímetros ni mayor a 1.3. El espesor promedio ideal es del orden de 1.0 cm.



Los muros de mampostería pueden ser en mampostería reforzada cuando estos llevan el refuerzo en su parte interior o muros confinados cuando el refuerzo se concentra en el perímetro en vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado. El presente Manual se limita al uso de los muros estructurales en mampostería confinada.

♦ Cantidad mínima de muros en cada dirección

Los muros estructurales no deben ser muy esbeltos y deben tener los espesores mínimos indicados en la tabla adjunta.

La longitud mínima de muros estructurales se calcula como:

$$L_m = \frac{(M_o \times A_p)}{t}$$

L_m = Longitud mínima de muros confinados

M_o se obtiene de la tabla adjunta

A_p = Area en m^2 de la planta de la edificación

Si la cubierta es liviana, de lamina o de asbesto-cemento

A_p se puede reducir multiplicando por 0.67

t = Espesor de los muros (mm)

A_a se obtiene de mapa de amenaza sísmica de la NSR - 98.

Espesor mínimo de muros en centímetros

Amenaza Sísmica	Numero de niveles de construcción		
	Un piso	Dos pisos	
		1er nivel	2 ^{do} nivel
Alta	11	11	10
Intermedia	10	11	95
Baja	9.5	11	95

Valor M_o

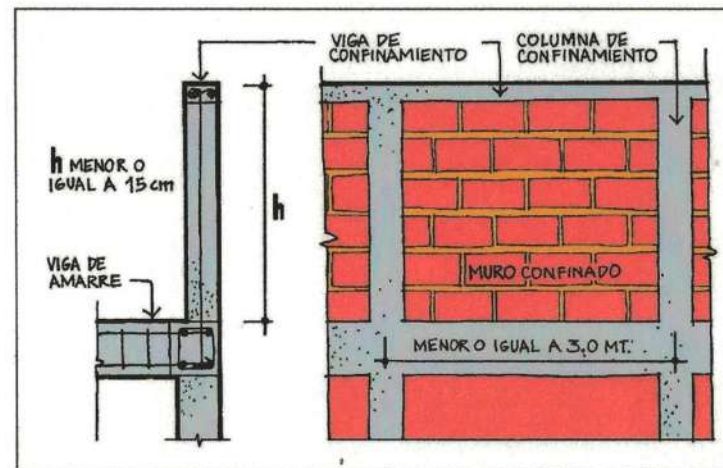
Zona sísmica	A_a	M_o
Alta	0.40	33
	0.35	30
	0.30	25
	0.25	21
Intermedia	0.20	17
	0.15	13
Baja	0.1	8
	0.05	4

♦ Detalles de los muros confinados

Los muros de mampostería deben estar confinados por vigas y columnas de confinamiento. Deben ser continuos desde la cimentación hasta la cubierta y no deben tener aberturas.

Los componentes no estructurales como muros divisorios, acabados arquitectónicos, fachadas, ventanas, e instalaciones deben estar bien adheridos o conectados. Si no están bien conectados se desprenderán fácilmente en caso de un sismo.

Por esta razón, los muros divisorios y parapetos, deben en lo posible amarrarse o confinarse mediante vigas y columnas para evitar que en caso de sismo, caigan sobre las personas o causen daños materiales al caer sobre otras cosas.



♦ Un ejemplo

Se tiene una casa de un piso de 6 m de frente por 6 m de fondo. La vivienda se encuentra en el municipio de Armenia. El espesor del muro es de 11 cm (ver tabla de espesores mínimos). Entonces:

$$Ap = 6 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 36 \text{ m}^2$$

Del mapa de amenaza sísmica de las normas NSR-98 para Armenia el $Aa = 0.25$ y por lo tanto $Mo = 21$, así:

$$Lm = \frac{(21 \times 36)}{110} = 6.9 \text{ m}$$

Luego, si la cubierta es de concreto será necesario construir 7 m de muros estructurales en cada una de las dos direcciones. Si la cubierta es liviana entonces:

$$Lm = 6.9 \text{ m} \times 0.67 = 4.6 \text{ m}$$

Así será necesario construir 4.6 m de muros estructurales en cada dirección.

Si la casa es de dos pisos con las mismas dimensiones entonces, los muros del segundo piso se calculan como si fueran los del primer piso de una casa de un piso y los muros del primer piso se calculan con el área de planta (Ap) igual a la suma del área de la cubierta y el área del entrepiso.

Por ejemplo, para la misma casa de 6 m x 6 m construida en Armenia, pero de dos pisos, la longitud de los muros estructurales será:

Para el segundo piso:

La cantidad de muros para el segundo piso será igual que la cantidad de muros calculada para la vivienda de un piso equivalente, es decir se requerirán 6.9 m de muros estructurales en cada dirección si la cubierta es pesada o 4.6 m en cada dirección si la cubierta es liviana.

Para el primer piso:

$$Ap_{\text{cubierta}} = 6 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 36 \text{ m}^2$$

$$Ap_{\text{entrepiso}} = 6 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 36 \text{ m}^2$$

$$Ap_{\text{total}} = 36 \text{ m}^2 + 36 \text{ m}^2 = 72 \text{ m}^2$$

$$\text{Con } Aa = 0.25, Mo = 21$$

$$Lm = \frac{(21 \times 72)}{110} = 13.7 \text{ m}$$

Así, si la cubierta es de concreto será necesario construir 13.7 m de muros estructurales en las dos direcciones en el primer piso. Si la cubierta es liviana entonces:

$$Lm = \frac{(21 \times 36)}{110} = 6.9 \text{ m} \times 0.67 = 4.6 \text{ m si la cubierta es liviana}$$

más

$$Lm = \frac{(21 \times 36)}{110} = 6.9 \text{ m por el entrepiso de concreto}$$

en total son $4.6 \text{ m} + 6.9 \text{ m} = 11.5 \text{ m}$. Así si la cubierta es liviana y el entrepiso es de concreto será necesario construir 11.5 m de muro en el primer piso.

♦ Proceso Constructivo

Sobre la viga de cimentación o en el sobrecimiento se deben definir las dimensiones de las columnas, los muros, los vanos de las puertas y ventanas y de los corredores

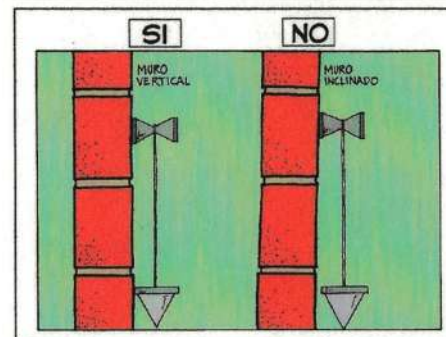
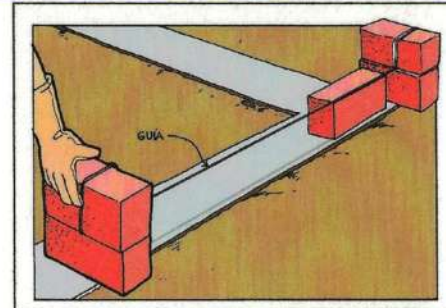
La primera hilada debe colocarse en seco para evitar errores en el resto del muro. En los extremos deben colocarse los ladrillos "maestros" o guías.

La mezcla de mortero se coloca en la cara superior de la viga de amarre o sobrecimiento. Sobre esta se van colocando los ladrillos uno a uno verificando el alineamiento y golpeándolo hasta lograrse el tamaño y uniformidad deseados para la junta.

Las hiladas tanto horizontales como verticales deben quedar rellenas de mortero entre ladrillo y ladrillo. Siempre se debe comprobar la alineación y el plomo del muro en proceso de construcción.

Para verificar el plomo, alineamiento, nivelación y las dimensiones debe utilizarse la plomada de nivel, la regla y los hilos de guía. Todos los ladrillos asentarse y alinearse hasta su posición definitiva. Los ajustes deben realizarse antes de que el mortero presente algún grado de fraguado.

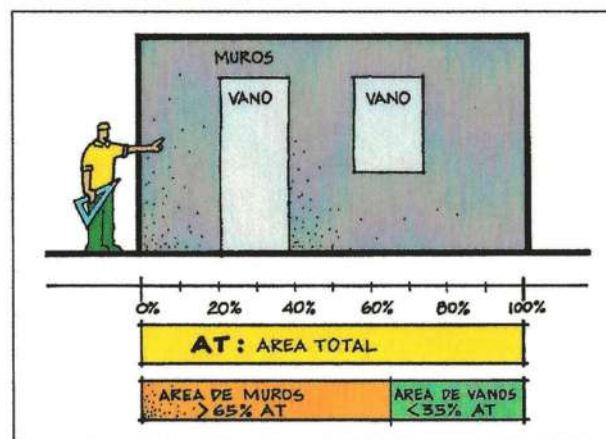
La plomada sirve para comprobar que el muro quede vertical. La plomada debe dejarse caer suavemente contra el muro. Si el plomo roza el muro, está vertical. Si el plomo queda muy separado o recostado, el muro está inclinado y hay que rectificar su verticalidad.



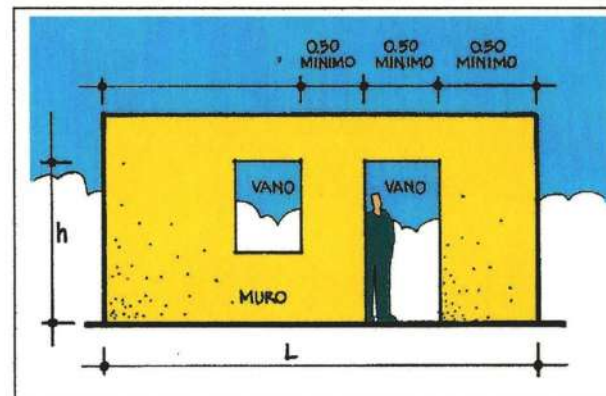
ABERTURAS EN LOS MUROS

Las aberturas en los muros estructurales deben ser pequeñas, bien espaciadas y ubicadas lejos de las esquinas.

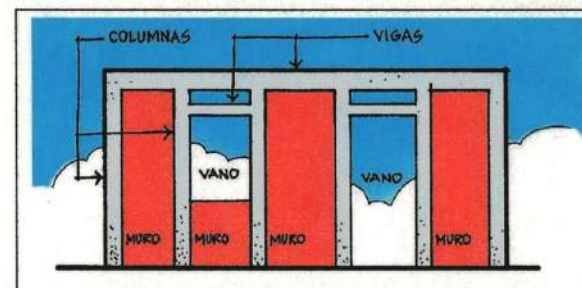
El área total de los vacíos (vanos) de un muro no debe ser mayor al 35% del área total del muro.



Debe haber una distancia suficiente entre los vanos de un mismo muro. La distancia mínima entre vanos debe ser mayor a 50 cm y en todo caso debe ser mayor que la mitad de la dimensión menor de la abertura.



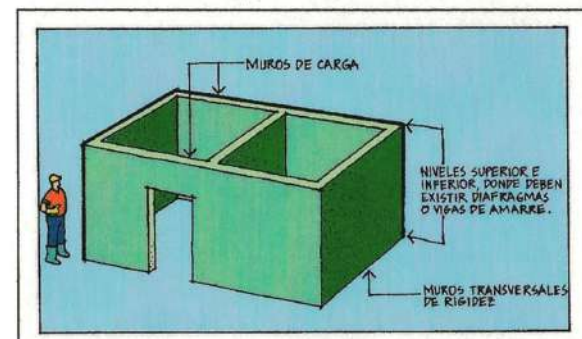
Se deben reforzar los vanos con vigas y columnas alrededor de los mismos y la longitud total de los vanos debe ser menor que la mitad de la longitud total del muro.



No se deben dejar espacios en la parte superior del muro, cerca de la columna de confinamiento. Un sismo puede hacer fallar fácilmente la columna si el muro no está completo en toda la altura. Esta situación se le conoce como "efecto de columna corta" dado que la fuerza sísmica se concentra en el tramo de columna que no tiene muro.



Los muros deben quedar apoyados sobre la viga de cimentación o sobrecimiento y deben estar coronados por vigas de confinamiento a nivel de la cubierta o del entrepiso cuando la vivienda es de dos pisos. En estos niveles las vigas deben conformar un entramado o diafragma que permita que la vivienda se mueva como una unidad monolítica cuando ocurre un terremoto.



COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO

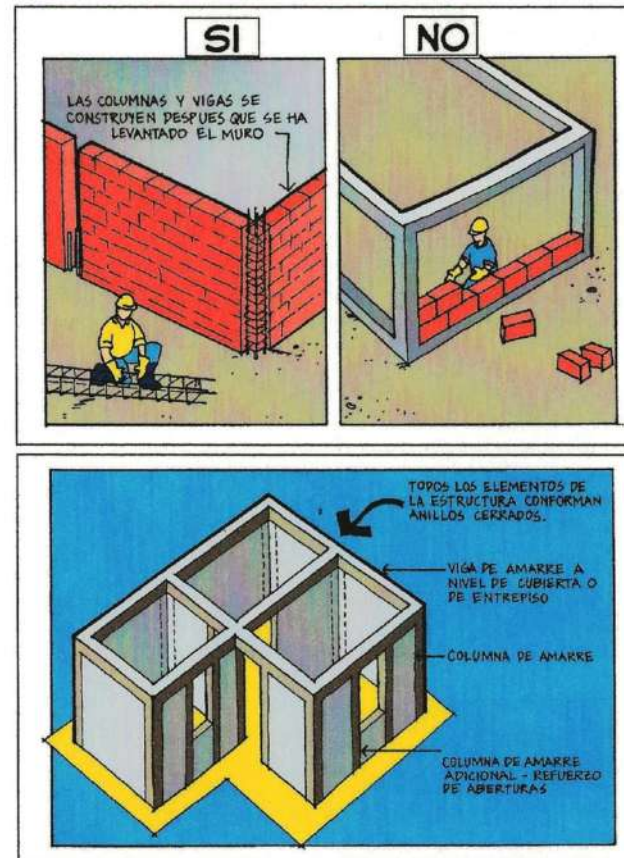
♦ Generalidades

Una vivienda debe ser capaz de soportar deformaciones en sus componentes sin que se dañen gravemente o se degrade su resistencia. Cuando una estructura no es dúctil y tenaz podrá sufrir colapso total o parcial al iniciarse su deformación por la acción sísmica. Al degradarse su rigidez y resistencia pierde su estabilidad y podría llegar a colapsar súbitamente.

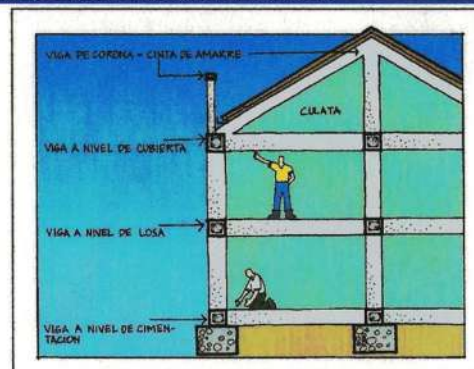
El confinamiento de los muros mediante vigas y columnas de amarre es fundamental para que los muros soporten las fuerzas inducidas por el sismo.

Las columnas y vigas se construyen después de haber levantado en su totalidad el muro que van a confinar.

Deben construirse en lo posible: amarres y elementos de confinamiento alrededor de todos los muros y vanos de la estructura.

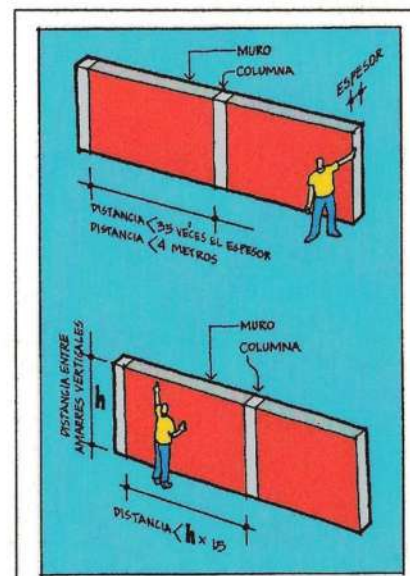


Todos los muros estructurales deben amarrarse entre sí mediante una viga de corona en la parte superior de los mismos o embebida en la losa de entrepiso. La viga de amarre debe ser al menos del mismo espesor del muro y de mínimo 15 cm de altura.



Se deben construir columnas de confinamiento en los extremos de los muros, en la intersección de muros estructurales y en puntos intermedios a distancias no mayores de 35 veces el espesor del muro, o 1.5 veces la distancia entre amarres verticales, o máximo 4 m.

Las culatas en mampostería también deben amarrarse construyendo vigas de corona o cintas de amarre sobre ellas, a manera de elementos de confinamiento.



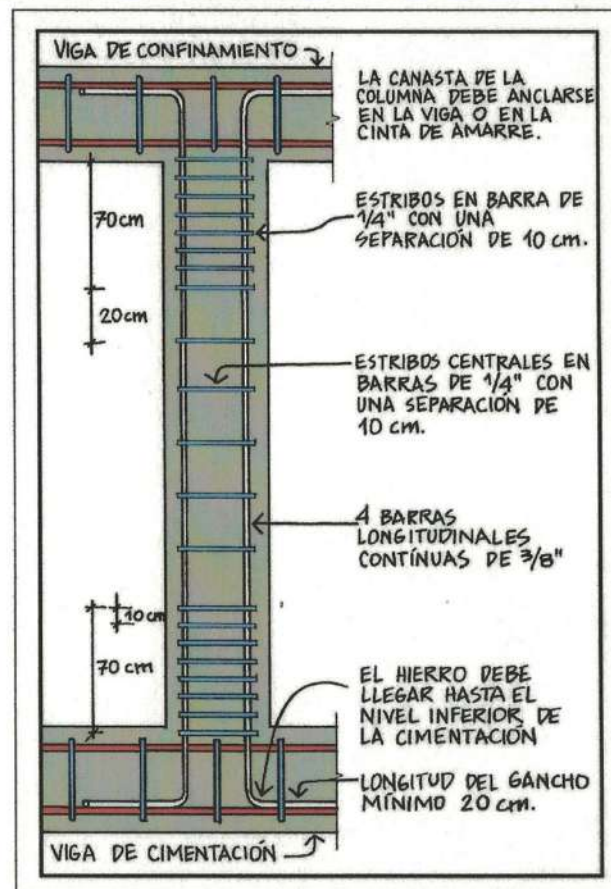
♦ Columnas de Confinamiento

El refuerzo mínimo que debe colocarse en las columnas de confinamiento es el indicado en la figura anexa.

La sección mínima de las columnas de confinamiento debe ser de 200 cm^2 . Su ancho mínimo debe ser igual al ancho del muro.

El acero no debe doblarse excesivamente en los cambios de espesor de las columnas o al entrar en la cimentación.

No se deben doblar las varillas que se encuentren embebidas en el concreto recién fraguado o endurecido. Todas las varillas deben doblar



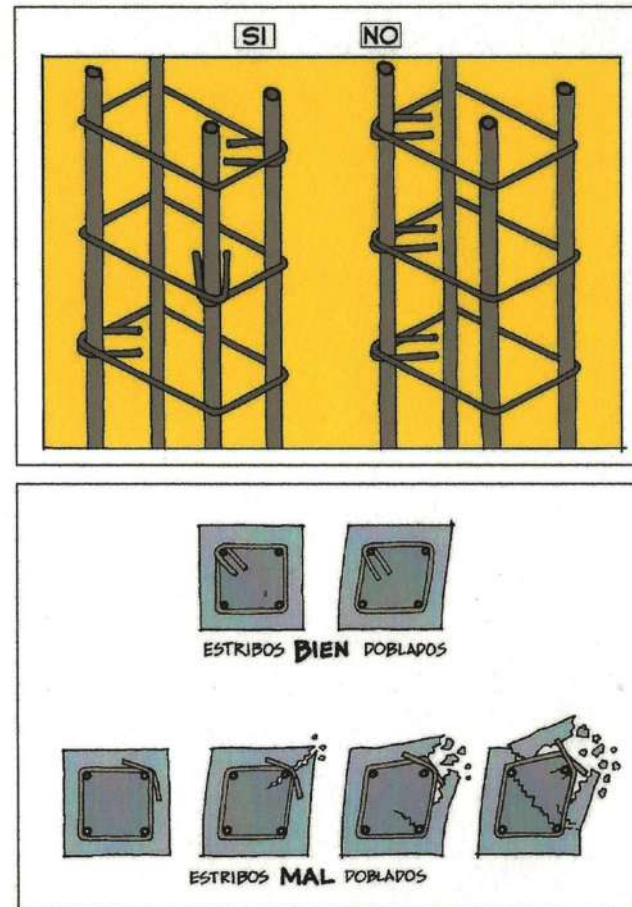
El acero debe tener una resistencia mínima de 2400 kg/cm^2

La columneta debe ir de la viga de cimentación o zapata hasta la viga superior y su armadura debe contar con los anclajes y traslapes de sus varillas de manera que se logre la continuidad de los elementos de confinamiento.

El dobléz de los estribos debe ser de mínimo 8 cm en ambos extremos y el amarre mediante alambre debe ser en forma de 8 o pata de gallina. Debe utilizarse alambre No. 18.

Los estribos deben estar bien amarrados para lograr un buen confinamiento del concreto al interior de la columna o la viga de amarre.

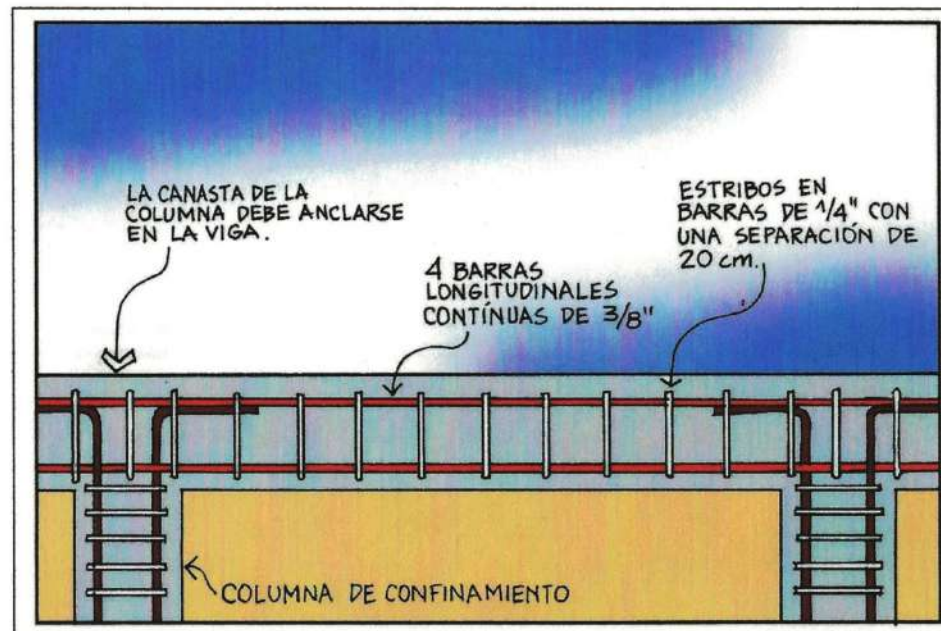
Si los estribos quedan mal doblados o anclados, pueden perder su configuración durante un sismo y su función de confinamiento se perderá. De esta manera el elemento estructural puede perder su capacidad de carga.

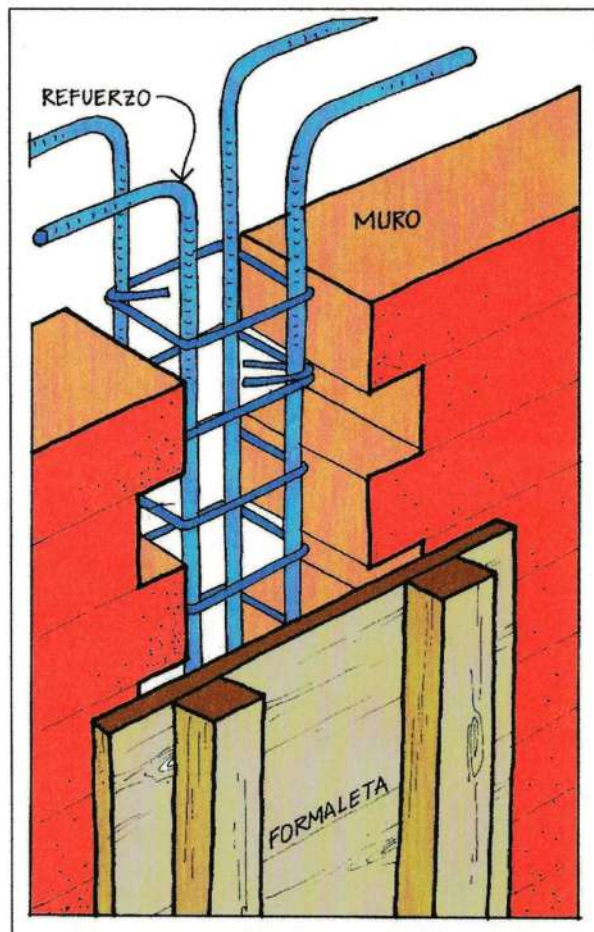


♦ Vigas de Confinamiento

La armadura o canastilla de las vigas es similar a la de las columnas, con la diferencia que todos los estribos pueden estar separados máximo 20 cm entre sí.

En los cruces de los muros las varillas deben formar ángulos rectos y sus traslapos deben tener una longitud mínima de 40 veces el diámetro de la varilla que se traslapa o 50 cm.





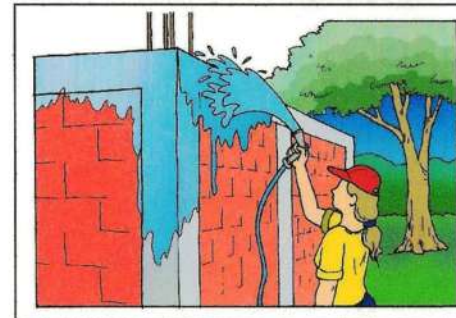
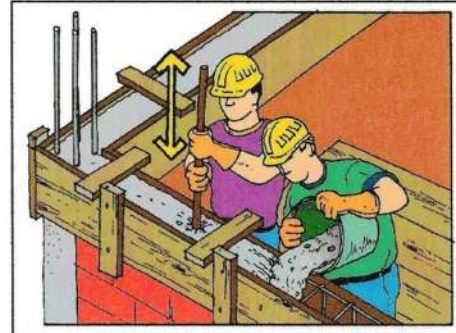
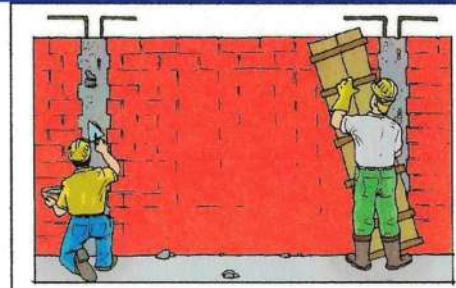
Detalle de la colocación de la formaleta y del acero de refuerzo

Las formaletas podrán retirarse después de 24 horas de vaciado el concreto.

En caso de hormigueros, rellénelos con concreto tan pronto como sea posible.

Para evitar hormigueros, no olvide chuzar el concreto y golpear la formaleta para garantizar una adecuada vibración y compactación del concreto.

El concreto de las vigas y columnas debe mantenerse húmedo y protegido del sol y el viento al menos durante los primeros 7 días después de vaciado. El curado del concreto es fundamental para garantizar una buena calidad y resistencia del material a largo plazo.



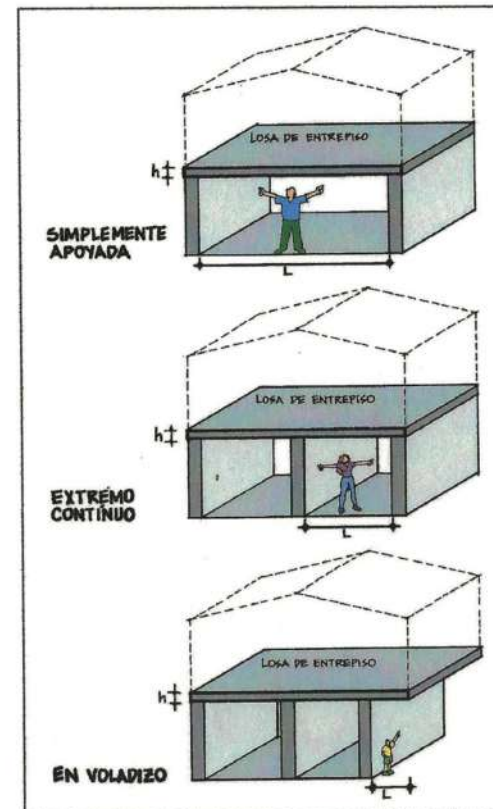
LOSAS DE ENTREPISO Y CUBIERTAS

Las losas de entrepiso deben ser lo suficientemente rígidas para garantizar que todo los muros se muevan uniformemente en caso de sismo y las cubiertas deben ser estables ante las cargas laterales, razón por la cual es necesario arriostrarlas y anclarlas a los muros o vigas de soporte.

Si la losa se construye con elementos prefabricados, estos deben unirse entre ellos y deben conectarse a las vigas que rodean la vivienda

El espesor mínimo de la losa depende del sistema de entrepiso utilizado y del tipo de apoyo o elementos de soporte de acuerdo con la siguiente tabla:

TIPO DE LOSA	CONDICIÓN DE APOYO		
	Simplemente apoyada	Un apoyo continuo	Continuo con voladizo
Maciza	$L/20$	$L/24$	$L/10$
Aligerada (Viguetas en una dirección)	$L/16$	$L/18.5$	$L/8$



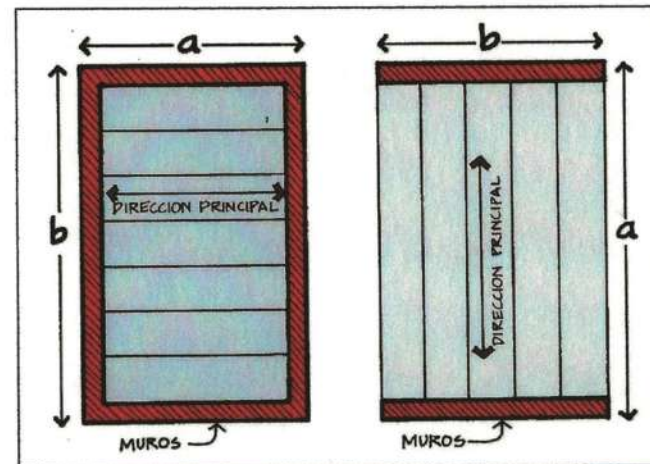
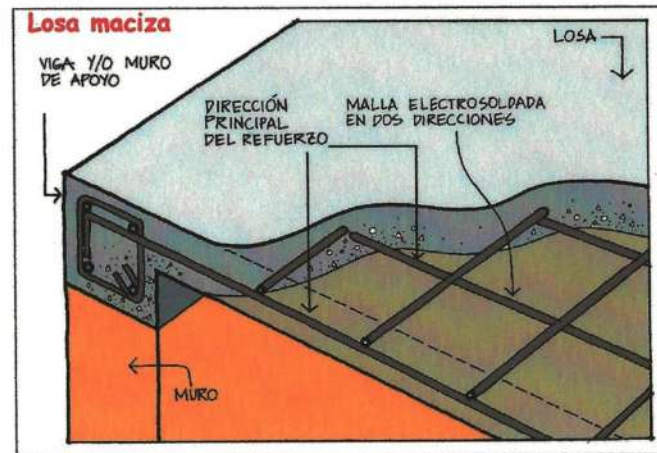
♦ Losas Macizas

Este tipo de losa consta de una sección de concreto reforzado en dos direcciones.

Dependiendo de cómo esté apoyada, una losa maciza deberá tener mayor cantidad de refuerzo en un sentido que en el otro.

Si la losa dispone de muros de apoyo en los cuatro lados su dirección principal será la del sentido más corto, si es cuadrada cualquiera de los dos sentidos es igual.

Si la losa dispone de muros en solo dos lados (deben ser opuestos), la dirección principal será en la dirección perpendicular a la dirección de los apoyos.



El refuerzo o acero que se le debe colocar a la losa debe seleccionarse de acuerdo con la siguiente tabla. El refuerzo indicado puede utilizarse únicamente para condiciones y cargas típicas de viviendas.

Luz de diseño (m)	Espesor (cm)	REFUERZO	
		Principal (a)	Secundario (b)**
1.0-2.0	8	1 varilla de $\frac{1}{2}$ cada 30 cm	1 varilla de 1/4 cada 20 cm
2.1 - 2.5	10	1 varilla de $\frac{1}{2}$ cada 30 cm	1 varilla de 1/4 cada 15 cm
2.6 - 3.0	12	1 varilla de $\frac{1}{2}$ cada 25 cm	1 varilla de 3/8 cada 25 cm
3.1 - 3.5	15	1 varilla de $\frac{1}{2}$ cada 25 cm	1 varilla de 3/8 cada 20 cm
3.6 - 4.0 *	18	1 varilla de $\frac{1}{2}$ cada 20 cm	1 varilla de 1/4 cada 15 cm arriba y abajo dos parrillas

* luces mayores resultan poco económicas, es mejor construir la losa aligerada.

** el refuerzo secundario se coloca para evitar que el concreto se agriete debido a los efectos de la temperatura.

Ejemplo

Se tiene una planta de 6 m x 6 m con muros intermedios como se ilustra en la figura. En este caso se puede dividir la losa de entrepiso en 4 zonas.

Se van a diseñar las partes 1 y 2 que se ilustran en la figura.

La parte 1 tiene 2.5 m de luz y 2 m de ancho. Como está apoyada en dos extremos, la dirección principal será de 2.5 m (dirección principal). Según la tabla, para esta luz es necesario un espesor de 10 cm.

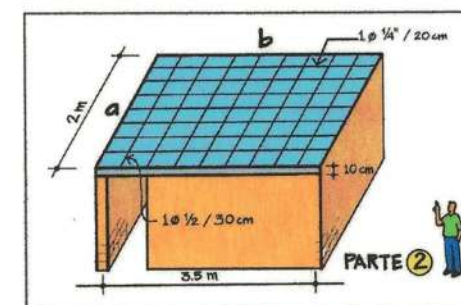
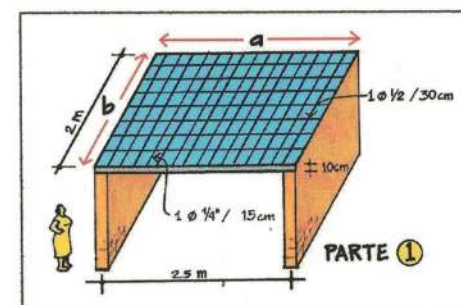
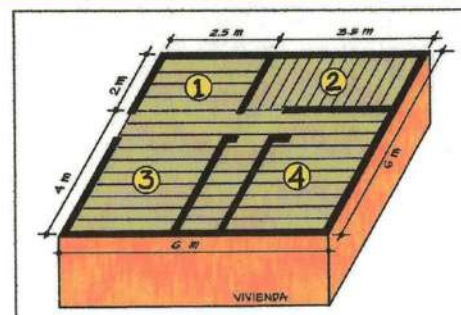
El refuerzo necesario es 1 varilla de $\frac{1}{2}$ pulgada (o sea numero 4) cada 30 cm colocada en la dirección de los 2.5 m. Para la dirección de los 2 m es necesario colocar una varilla de $\frac{1}{4}$ " cada 15 cm.

Para la parte 2, como está apoyada en los 4 lados se toma como la dirección principal la luz de 2 m.

Esta parte necesita un espesor de 8 cm y un refuerzo de $\frac{1}{2}$ cada 30 cm en la dirección principal y de $\frac{1}{4}$ cada 20 cm en la dirección secundaria (la de 3.5 m).

Debido a que es difícil constructivamente variar el espesor de la losa, en la práctica se escoge el mayor espesor y se construye con éste toda la placa.

Si se hubiera escogido la dirección principal para la parte 2 como 3.5 m, el espesor necesario hubiera sido de 15 cm. Por eso es mejor escoger el lado más corto cuando la losa esta apoyada en los cuatro lados.



♦ Proceso constructivo de losas macizas

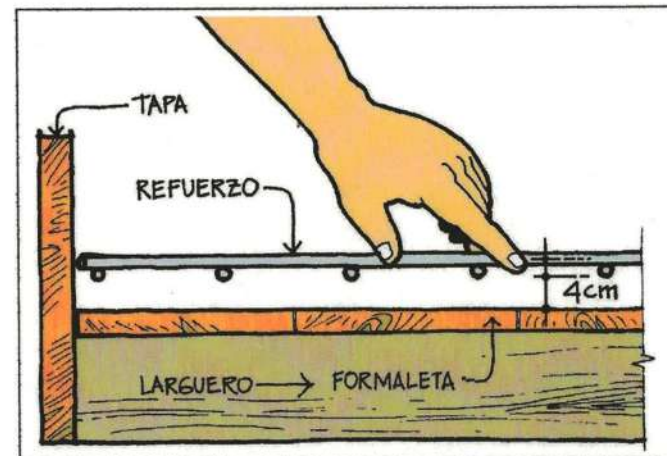
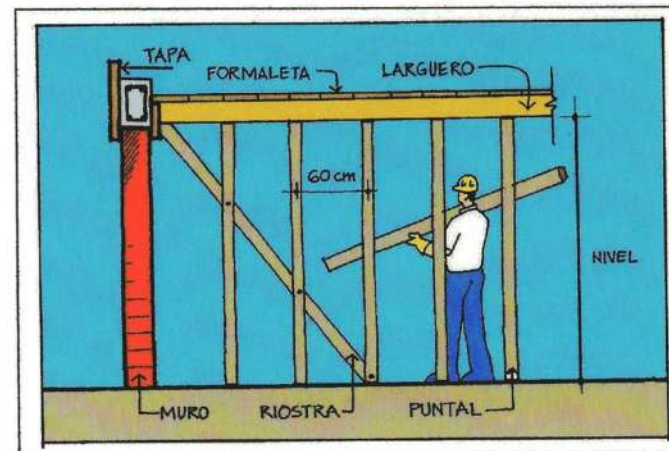
Preparación: Se deben alistar los materiales, consultar las especificaciones (forma, espesor, etc.) y nivelar el piso desde donde se van a tomar las medidas.

Apuntalado: Se colocan los largueros paralelos a los muros, apoyados sobre puntales cada 60 cm. Se procede a nivelar los largueros y cuñar los puntales. Los puntales se deben arriostrar (sostener con diagonales) para evitar su caída por desplazamiento lateral.

Formaleta: Se colocan las tablas apoyadas entre los largueros formando una superficie lo más ajustada que se pueda para que no se escape el concreto por entre los espacios. La formaleta debe quedar nivelada.

Armar el refuerzo: Se debe colocar el refuerzo calculado sobre la formaleta, apoyado de tal forma que al vaciar el concreto, el refuerzo quede totalmente rodeado por éste. El recubrimiento mínimo de concreto sobre el acero debe ser de 4 cm.

Vaciado del concreto: Se debe hacer con cuidado para evitar que la formaleta se pueda caer. Recuerde los cuidados y el procedimiento para hacer y vaciar concreto.



♦ Losas aligeradas

En este tipo de losa parte del concreto se reemplaza por otros materiales como cajones de madera, guadua y principalmente cuando se trata de viviendas de uno y dos pisos se reemplaza por ladrillos o bloques. De esta forma se disminuye el peso de la losa y se pueden cubrir mayores luces de manera mas económica.

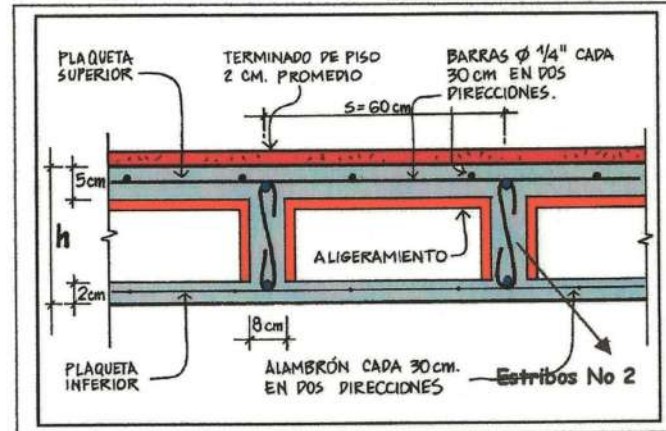
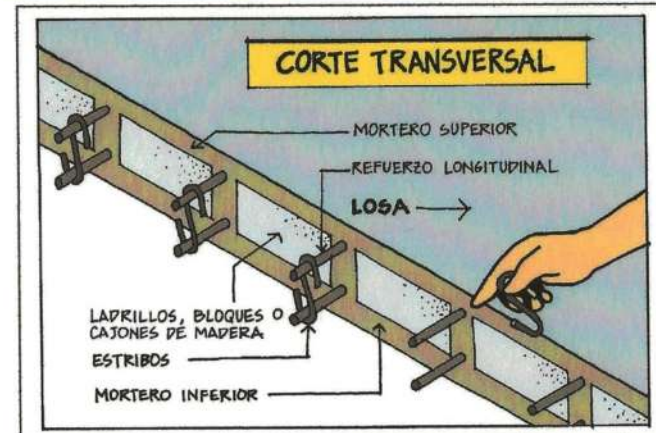
En este sistema, la losa tiene cuatro componentes: Una torta inferior que se coloca sobre las tablas de la formaleta; los bloques o elementos aligerantes; la torta o plaqueta superior con refuerzo nominal y las viguetas en concreto reforzado

La torta inferior es un mortero con dosificación de 1:3 de 2 cm de espesor que permite cubrir el aligeramiento y el refuerzo principal de la losa o elementos aligerantes.

Los bloques o elementos aligerantes se colocan de tal manera que formen las cavidades de las viguetas con separaciones entre si entre 50 y 70 cm (promedio de 60 cm).

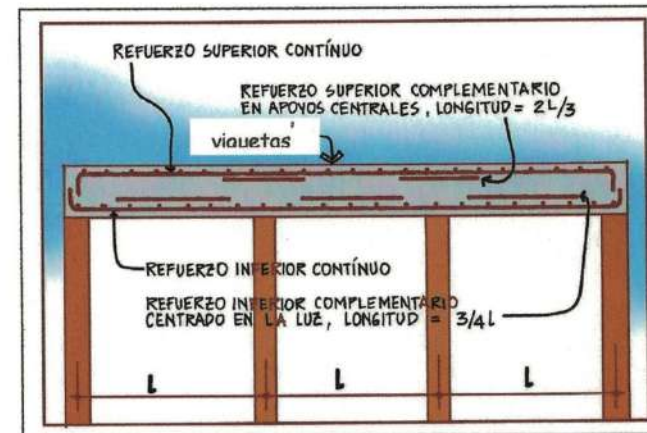
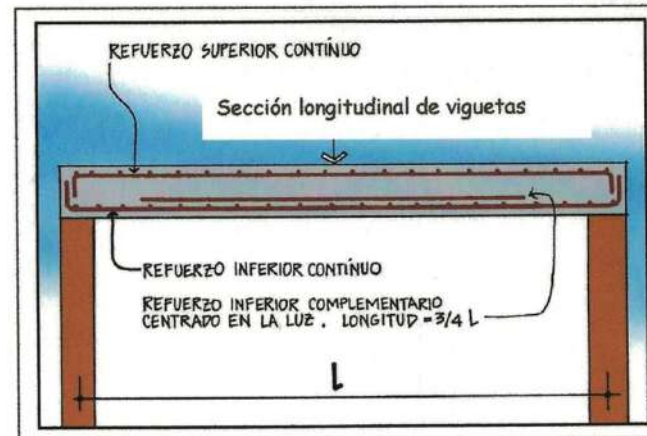
La plaqueta superior es un concreto fundido monolítico con el sistema de piso, con 5.0 cm espesor y debe tener un refuerzo de 1 varilla de $\frac{1}{4}$ de pulgada (numero 2) cada 30 cm en las dos direcciones.

La sección típica de una placa aligerada se indica en la figura anexa



Las viguetas contienen el refuerzo principal. El ancho medio de viguetas es de 8 cm. Su altura se calcula según la luz (espacio a cubrir), de acuerdo a la tabla anexa

El refuerzo superior e inferior se distribuye como se muestra en la figura.



A continuación se presentan las tablas con las cuales se puede calcular el refuerzo de las viguetas en losas aligeradas.

Tabla de refuerzo

Luz de diseño (m)	Espesor total placa (cm)	Refuerzo* inferior continuo	Refuerzo inferior* (complementario centrado en luz)	Refuerzo* superior continuo	Refuerzo superior* (complementario para vigas de varias luces en apoyos internos)	Estribos*
1.0 - 2.5	15	1 No 4	-----	1 No 4		Estribos No 2 Cada 8 cm
2.6 - 3.5	20	1 No 4	-----	1 No 4		Estribos No 2 Cada 8 cm
3.6 - 4.5	28	1 No 4	1 No 3	1 No 4	1 No 3	Estribos No 2 Cada 12 cm
4.6 - 5.5	35	1 No 4	1 No 3	1 No 4	1 No 3	Estribos No 2 Cada 15 cm

- Ver figura para ubicación de refuerzo

Todo el refuerzo a utilizar debe ser corrugado con $f_y = 420 \text{ Mpa} = 4200 \text{ kg/cm}^2$ excepto las barras para los estribos No 2 que tienen $f_y = 240 \text{ Mpa} = 2400 \text{ kg/cm}^2$.

El concreto debe tener mínimo $f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

La carga de muros apoyados sobre la placa más la carga de los acabados de piso no debe sobrepasar 100 kg/cm^2

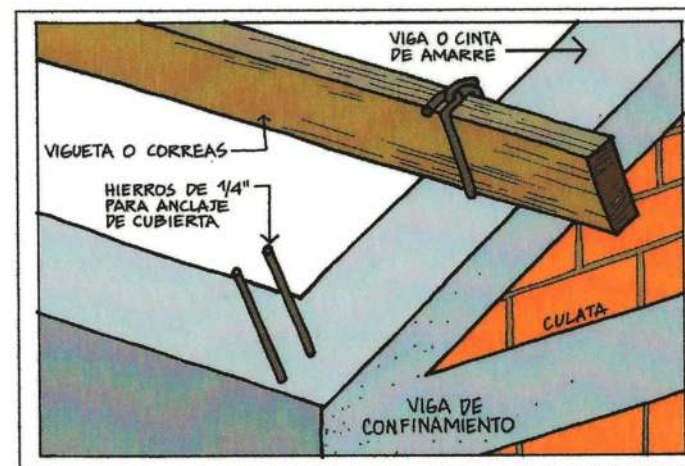
La carga viva No debe sobrepasar 180 kg/cm^2 .

La longitud de traslapes mínima para barras No 4 ($\phi = 1/2"$) = 50 cm

CUBIERTA

La estructura de cubierta debe estar anclada a las vigas que confinan y amarran los muros. Esto se debe hacer dejando pernos o hierros de $\frac{1}{4}$ de pulgada en la parte superior de la viga de amarre superior de los muros.

Se deben evitar las cubiertas pesadas y trate de usar láminas o tejas livianas.



Pendientes Recomendadas

Tipo de Cubierta	Pendiente Máxima
Teja de barro	42%
Asbesto - cemento	27%
Plástica	20%
Metálica	15%
Losa de concreto	2%

La pendiente del techo (inclinación) varía de acuerdo con el material que se utiliza. La pendiente debe ser como se indica en la siguiente tabla.

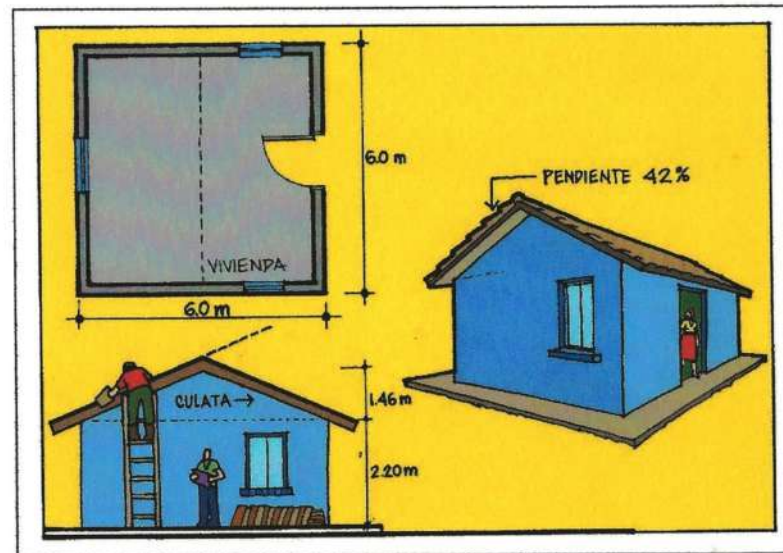
Por ejemplo, para una vivienda de 6 m de frente y 6 m de largo, y teja de barro (42%) la cubierta tiene la siguiente forma:

Si la altura en la parte exterior (hacia donde corre el agua) es igual a 2.20 m, en la parte central de la casa, o sea a 3 m del borde (donde esta la parte más alta de la cubierta) la altura será la siguiente:

$$2.20\text{m} + 3\text{m} \times (42/100) = 3.46 \text{ m}$$

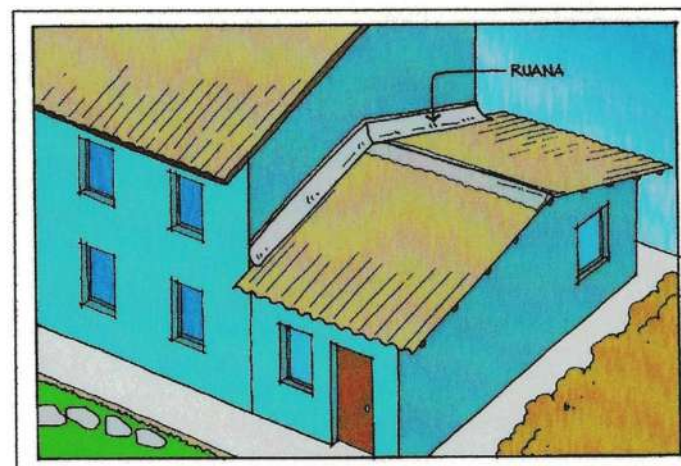
Cuando el techo es una estructura de madera, las viguetas o correas para un techo de tejas de asbesto cemento se deben colocar separadas de acuerdo con la siguiente tabla:

Teja No.	Distancia entre apoyos (m)	Numero de apoyos por placa
2	0.47	2
3	0.77	2
4	1.08	2
5	1.38	2
6	1.69	3
8	1.15	3
10	1.45	3



Las tejas se pueden fijar en las correas con ganchos galvanizados, tornillos o amarres de alambre. Para impermeabilizar el amarre se utiliza un poco de masilla en la cabeza del alambre. Debe garantizarse que los amarres sean capaces de resistir la eventual tensión hacia arriba (succión) que ejerza la fuerza del viento.

En el límite entre el techo y la pared medianera es necesario construir una ruana que impida el paso del agua que rueda por la pared. Esta es una lámina de acero que se fija a la pared con el revoque e impermeabilizante.



OTROS DETALLES DE CONSTRUCCIÓN

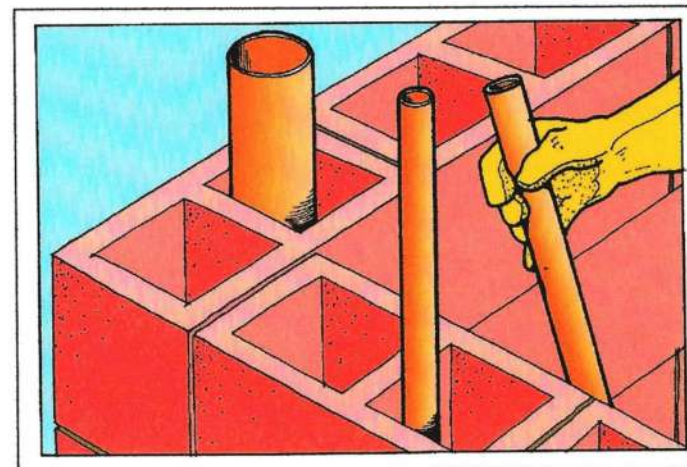
♦ Instalaciones eléctricas.

Las habitaciones requieren mínimo un tomacorriente. La cocina requiere un toma trifilar para la estufa y tomas adicionales para la nevera y demás electrodomésticos.

En todo momento se debe cuidar que los cables mantengan su aislamiento para evitar cortos circuitos e incendios.

Los cables eléctricos pueden distribuirse por toda la vivienda dentro de tubos de PVC de diámetro pequeño.

Si se están utilizando bloques de concreto de perforación vertical, es posible introducir los tubos de PVC dentro de las cavidades de los bloques. Debe tratarse de minimizarse las regatas en muros estructurales. No deben realizarse regatas que crucen la totalidad del muro de lado a lado o de arriba abajo. Las tuberías deben conducirse principalmente por la placa de piso



♦ Instalaciones sanitarias.

Por economía, resistencia y durabilidad el PVC es el producto más utilizado para la construcción de las instalaciones sanitarias.

A lo largo de la tubería se pueden incluir válvulas para regular el gasto de agua, controlar las presiones, permitir la entrada de aire y dejarlo escapar.

En caso de requerirse regatas en el muro para introducir la tubería, el diámetro de la tubería no debe exceder $\frac{1}{3}$ del espesor del muro. El ancho mínimo de las excavaciones para la colocación de la tubería de desagüe debe ser por lo menos de 30 cm, porque de otra forma la instalación resulta dispendiosa y puede quedar con problemas.

Además la pendiente debe ser la adecuada, por lo general es igual o un poco mayor al 2%. El diámetro de los desagües dentro de la vivienda debe ser de 4 pulgadas, mientras para la conexión a la acometida debe aumentarse a 6 pulgadas. Un diámetro menor puede dificultar la circulación del agua.



♦ Escaleras.

En la figura se presenta un detalle de cómo se debe colocar el refuerzo en una escalera típica para una vivienda de dos pisos.

♦ Control de calidad

Siempre se deben cumplir los requisitos de calidad y resistencia de los materiales y acatar las especificaciones de diseño y construcción. La falta de control de calidad en la construcción y la ausencia de supervisión técnica ha sido la causa de daños y colapsos de edificaciones que aparentemente cumplen con otras características o principios de la sismo resistencia. Los sismos descubren los descuidos y errores que se hayan cometido al construir.

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS

CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE VIVIENDAS SEGÚN SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN DE MUROS

Las viviendas pueden clasificarse en tres tipos dependiendo del sistema constructivo de los muros de soporte principales.

Mampostería No reforzada

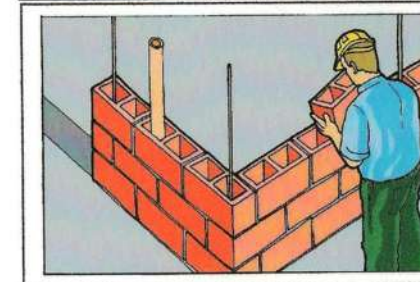
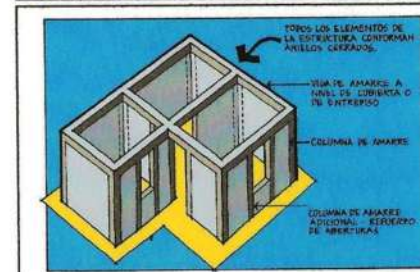
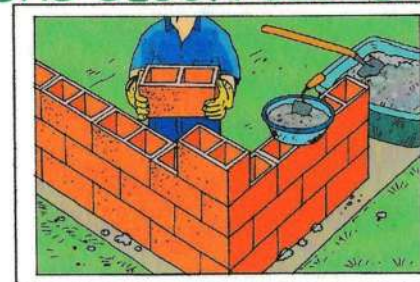
La mampostería No Reforzada es la construcción que utiliza unidades de mampostería en la cual no se considera ningún tipo de refuerzo interno o externo de confinamiento.

Mampostería Confinada

El método de construcción de mampostería de muros confinados se basa en la colocación de unidades de mampostería conformando un muro que luego se confina con vigas y columnas de concreto reforzado vaciadas en el sitio.

Mampostería Reforzada

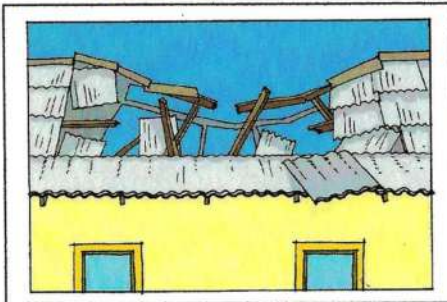
El sistema de mampostería reforzada se fundamenta en la construcción de muros con piezas de mampostería de perforación vertical (de arcilla o de concreto) unidas por medio de mortero, reforzadas internamente con barras y/o alambres de acero. Este sistema permite la inyección de todas sus celdas con mortero de relleno, o de solo las celdas verticales que llevan refuerzo. El refuerzo se distribuye dependiendo de la demanda impuesta al muro en cuanto a cargas externas.



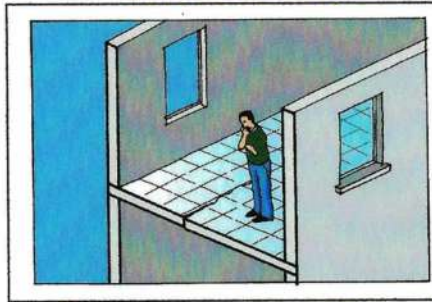
TIPOS DE ELEMENTOS SUSCEPTIBLES A SUFRIR DAÑO EN VIVIENDAS DE UNO Y DOS PISOS

Los elementos susceptibles a sufrir daño en viviendas de uno y dos pisos y que pueden tener efectos directos sobre la seguridad de la estructura son los siguientes:

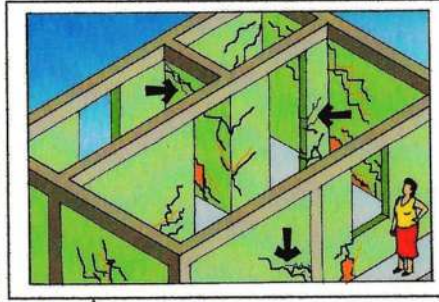
Cubiertas



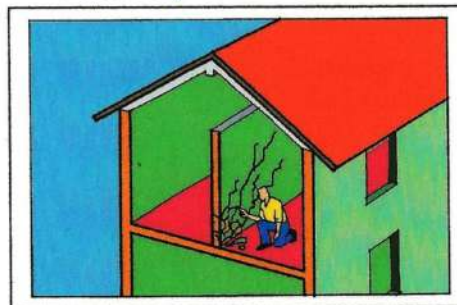
Losas de entrepiso



Muros Sólidos de soporte



Paneles y Muros Divisorios

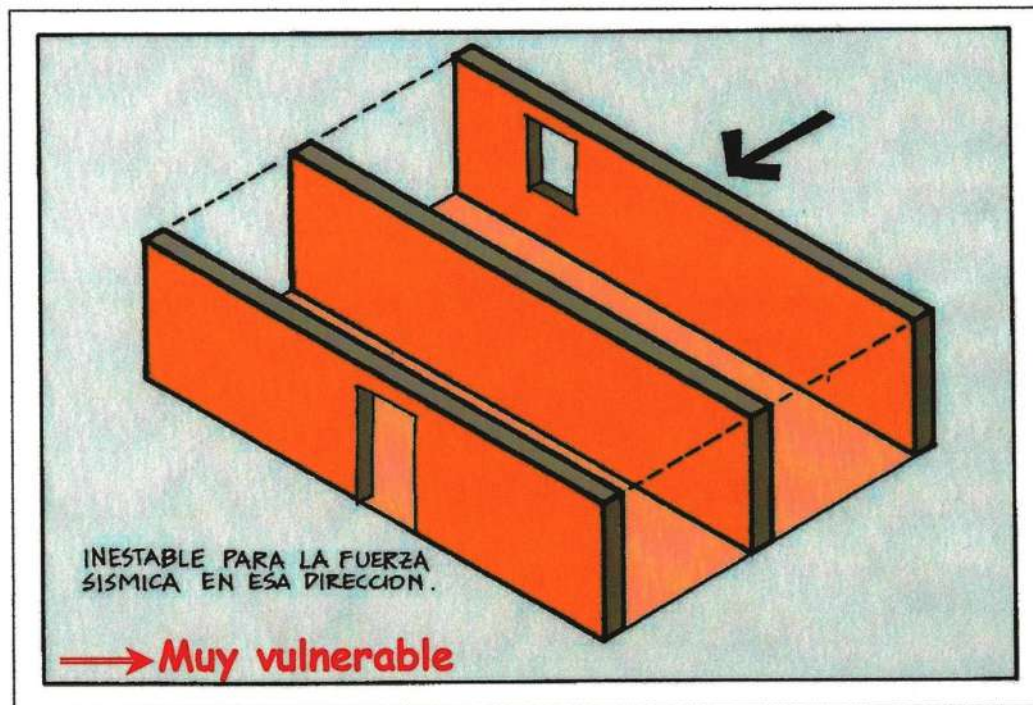


Vigas, dinteles, antepechos



QUE ES LA VULNERABILIDAD SÍSMICA?

La vulnerabilidad sísmica es la susceptibilidad de la vivienda a sufrir daños estructurales en caso de un evento sísmico determinado. La vulnerabilidad sísmica depende de aspectos como la geometría de la estructura, aspectos constructivos y aspectos estructurales.



ASPECTOS QUE AFECTAN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

La vulnerabilidad sísmica de las viviendas depende de una serie de factores y detalles que deben evaluarse con el mayor cuidado

ASPECTOS GEOMÉTRICOS

- Irregularidad en planta de la edificación
- Cantidad de muros en las dos direcciones
- Irregularidad en altura

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

- Calidad de las juntas de pega en mortero
- Tipo y disposición de ladrillos
- Calidad de los materiales

ASPECTOS ESTRUCTURALES

- Muros confinados y reforzados
- Detalles de columnas y vigas de confinamiento
 - Vigas de amarre o corona
- Características de las aberturas
- Tipo y disposición del entrepiso
 - Amarre de cubiertas

CIMENTACIÓN

- Vigas de amarre en concreto reforzado

ENTORNO

- Topografía
- Otros efectos

SUELOS

- Blandos
- Intermedios
- Duros

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA

Para que una vivienda califique como de vulnerabilidad sísmica intermedia o alta es suficiente con que presente deficiencias en cualquiera de los aspectos mencionados. La evaluación para calificar la vulnerabilidad debe hacerse con el mayor cuidado investigando los detalles a que se hace referencia más adelante.

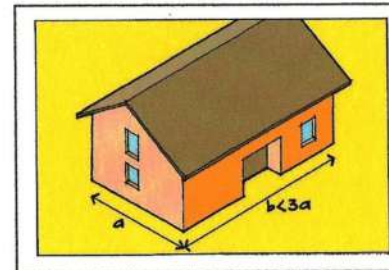
Cada aspecto investigado se califica mediante unos criterios muy sencillos y mediante visualización y comparación con patrones generales. La calificación se realiza en tres niveles: vulnerabilidad baja (en verde), vulnerabilidad media (en naranja) y vulnerabilidad alta (rojo).

ASPECTOS GEOMÉTRICOS

IRREGULARIDAD EN PLANTA DE LA EDIFICACIÓN

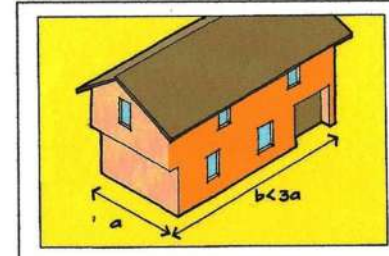
Vulnerabilidad Baja

- Forma geométrica regular y aproximadamente simétrica
- Largo menor que 3 veces ancho.
- No tiene "entradas y salidas" como las que se muestran en las otras dos figuras, visto tanto en planta como en altura.



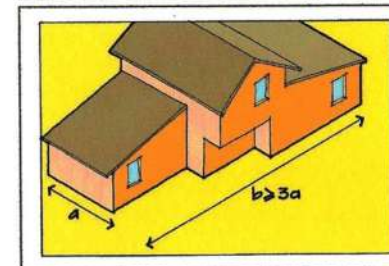
Vulnerabilidad Media

- Presenta algunas irregularidades en planta o en altura no muy pronunciadas.



Vulnerabilidad Alta

- El largo es mayor que 3 veces ancho
- La forma es irregular, con entradas y salidas abruptas.



CANTIDAD DE MUROS EN LAS DOS DIRECCIONES**Vulnerabilidad Baja**

- Existen muros estructurales en las dos direcciones principales de la vivienda y estos son confinados o reforzados.
- Hay una longitud totalizada de muros en cada una de las direcciones principales al menos igual al valor dado por :

$$L_o = (M_o \times A_p) / t$$

A_p = área en m² de la planta (si la cubierta es liviana, lámina, asbesto, cemento, A_p se puede multiplicar por 0.67.

t = espesor de muros

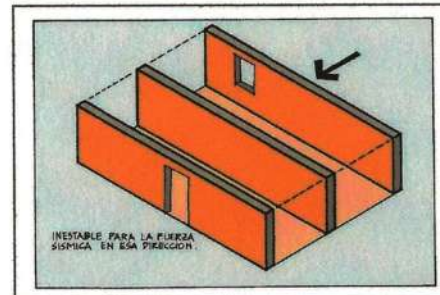
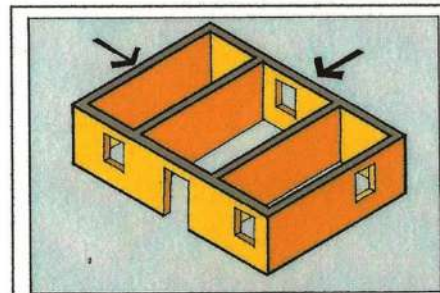
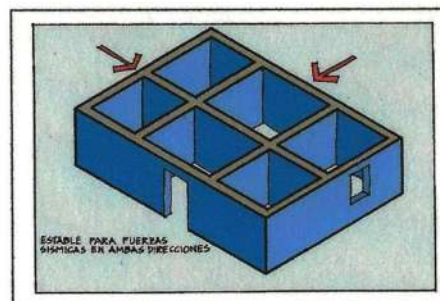
M_o = coeficiente que se obtiene de tabla 1 del capítulo 1 de este manual

Vulnerabilidad Media

- La mayoría de los muros se concentran en una sola dirección aunque existen unos o varios en la otra dirección.
- La longitud de muros en la dirección de menor cantidad de muros es ligeramente inferior a la calculada con la fórmula anterior.

Vulnerabilidad Alta

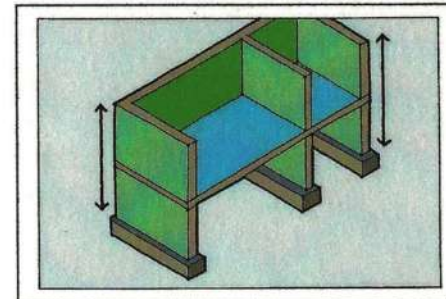
- Mas del 70% de los muros están en una sola dirección
- Hay muy pocos muros confinados o reforzados
- La longitud total de muros estructurales en cualquier dirección es mucho menor que la calculada con la ecuación anterior.



IRREGULARIDAD EN ALTURA

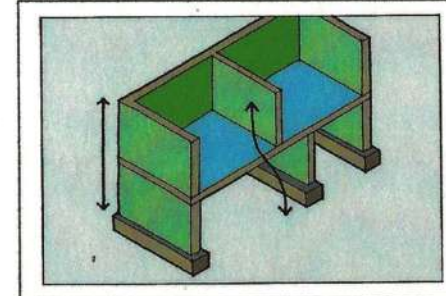
Vulnerabilidad Baja

- La mayoría de los muros estructurales son continuos desde la cimentación hasta la cubierta.



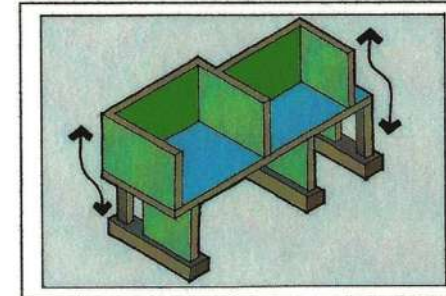
Vulnerabilidad Media

- Algunos muros presentan discontinuidades desde la cimentación hasta la cubierta.



Vulnerabilidad Alta

- La mayoría de los muros no son continuos en altura desde su cimentación hasta la cubierta.
- Cambios de alineación en el sistema de muros en dirección vertical.
- Cambio de sistema de muros en pisos superiores a columnas en el piso inferior.



ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

CALIDAD DE LAS JUNTAS DE PEGA EN MORTERO

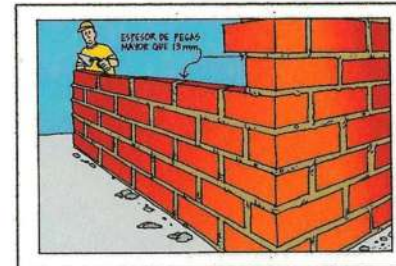
Vulnerabilidad Baja

- El espesor de la mayoría de las pegas está entre 0.7 y 1.3 cm.
- Las juntas son uniformes y continuas.
- Hay juntas de buena calidad verticales y horizontales rodeando cada unidad de mampostería.
- El mortero es de buena calidad y presentan buena adherencia con la pieza de mampostería.



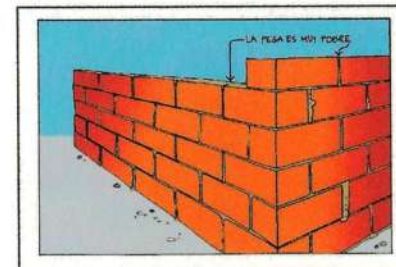
Vulnerabilidad Media

- El espesor de la mayoría de las pegas es mayor a 1.3 cm o menor de 0.7 cm.
- Las juntas no son uniformes.
- No existen juntas verticales o son de mala calidad.



Vulnerabilidad Alta

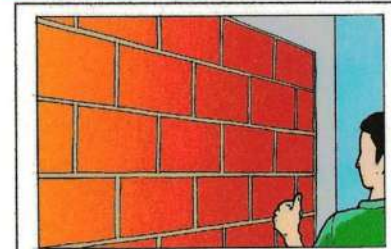
- La pega es muy pobre entre los bloques, casi inexistente.
- Poca regularidad en la alineación de las piezas.
- El mortero es de muy mala calidad o evidencia separación con las piezas de mampostería.
- No existen juntas verticales y/o horizontales en zonas del muro.



TIPO Y DISPOSICIÓN DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

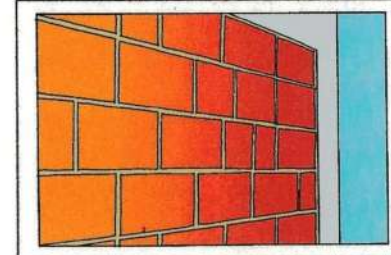
Vulnerabilidad Baja

- Las unidades de mampostería están trabadas.
- Los unidades de mampostería son de buena calidad. No presentan agrietamientos importantes, no hay piezas deterioradas o rotas.
- Las piezas están colocadas de manera uniforme y continua hilada tras hilada.



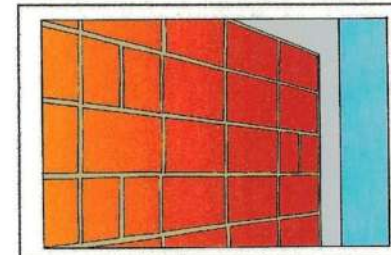
Vulnerabilidad Media

- Algunas piezas están trabadas, mientras otras no lo están. Siendo la mayoría de la primera clase.
- Algunas piezas presentan agrietamiento o deterioro.
- Algunas piezas están colocadas de manera uniforme y continua hilada tras hilada.



Vulnerabilidad Alta

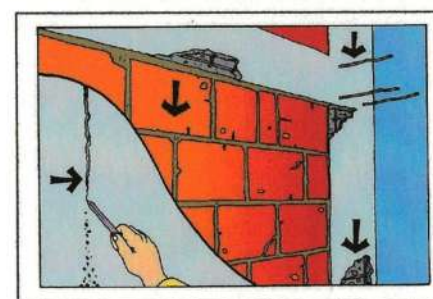
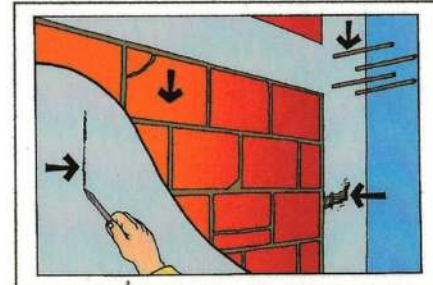
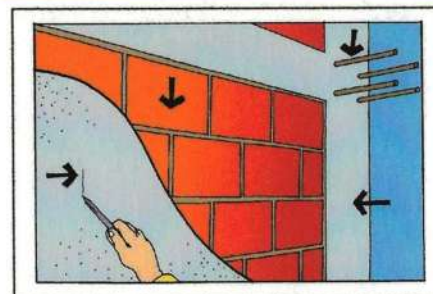
- Las unidades de mampostería NO están trabadas (petaca).
- Las unidades de mampostería son de muy mala calidad. Se presentan agrietamientos importantes con piezas deterioradas o rotas.
- Las piezas no están colocadas de manera uniforme y continua hiladas tras hiladas.



CALIDAD DE LOS MATERIALES

Vulnerabilidad Baja

- El mortero no se deja rayar o desmoronar con un clavo o herramienta metálica.
- El concreto tiene buen aspecto, sin hormigueros y el acero no está expuesto.
- En los elementos de confinamiento en concreto reforzado, hay estribos abundantes y por lo menos 3 a 4 barras No 3 en sentido longitudinal.
- El ladrillo es de buena calidad, no está muy fisurado, quebrado, ni despegado y resiste caídas de por lo menos 2 metros de alto sin desintegrarse ni deteriorarse en forma apreciable.



Vulnerabilidad Media

- Se cumplen varios de los requisitos mencionados anteriormente.

Vulnerabilidad Alta

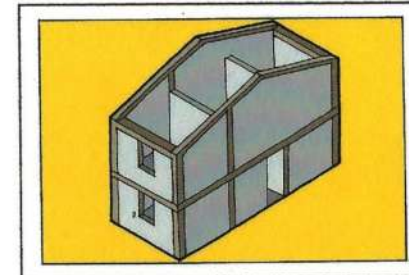
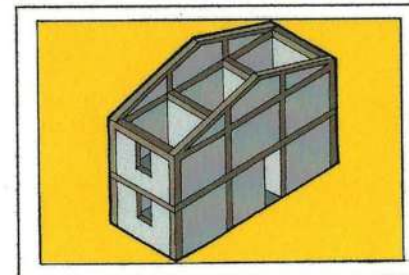
- No se cumplen más de dos requisitos de los mencionados anteriormente.

ASPECTOS ESTRUCTURALES

MUROS CONFINADOS Y REFORZADOS

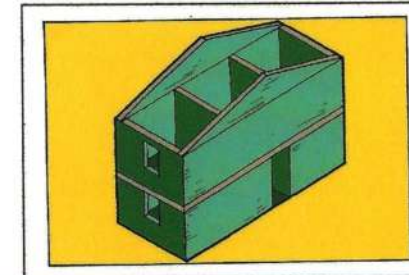
Vulnerabilidad Baja

- Todos los muros de mampostería de la vivienda están confinados con vigas y columnas de concreto reforzado alrededor de ellos.
- El espaciamiento máximo entre elementos de confinamiento es del orden de 4 m o la altura entre pisos.
- Todos los elementos de confinamiento tienen refuerzo tanto longitudinal como transversal y está adecuadamente dispuesto.
- Las culatas y antepechos también están confinados.



Vulnerabilidad Media

- Algunos muros de la edificación no cumplen con los requisitos mencionados anteriormente.



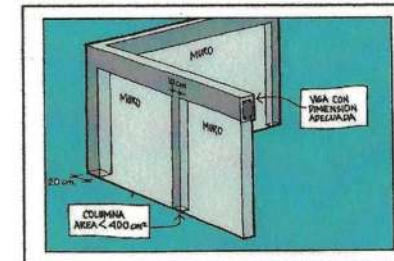
Vulnerabilidad Alta

- La mayoría de los muros de mampostería de la vivienda no tienen confinamiento mediante columnas y vigas de concreto reforzado.

DETALLES DE COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO

Vulnerabilidad Baja

- Las columnas y vigas tienen más de 20 cm de espesor o más de 400 cm² de área transversal.
- Las columnas y vigas tienen al menos 4 barras No 3 longitudinales y estribos espaciados a no más de 10 a 15 cm.
- Existe un buen contacto entre el muro de mampostería y los elementos de confinamiento.
- El refuerzo longitudinal de las columnas y vigas debe estar adecuadamente anclado en sus extremos y a los elementos de la cimentación.



Vulnerabilidad Media

- No todas las columnas y vigas cumplen con los requisitos anteriores.

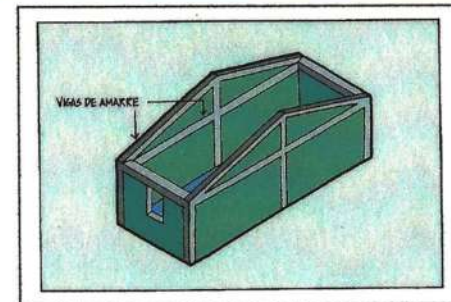
Vulnerabilidad Alta

- La mayoría de las columnas y vigas de confinamiento no cumplen con los requisitos establecidos anteriormente.

VIGAS DE AMARRE O CORONA

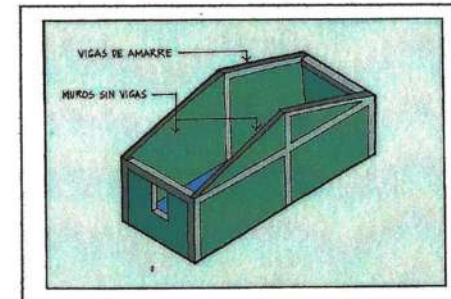
Vulnerabilidad Baja

- Existen vigas de amarre o de corona en concreto reforzado en todos los muros, parapetos, fachadas y culatas en mampostería.



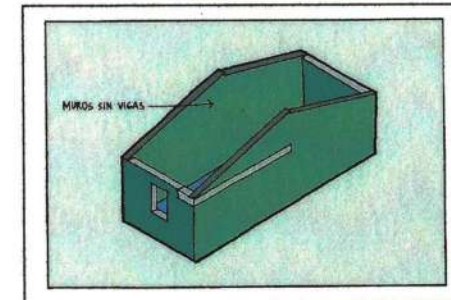
Vulnerabilidad Media

- No todos los muros o elementos de mampostería disponen de vigas de amarre o de corona.



Vulnerabilidad alta

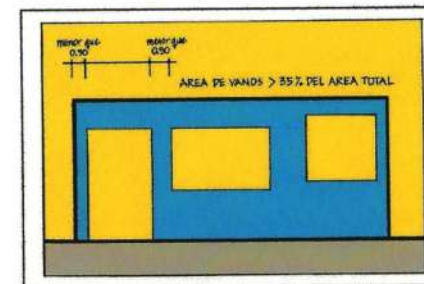
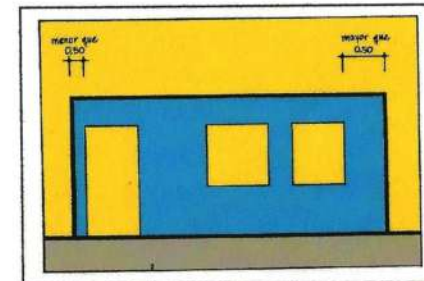
- La vivienda no dispone de vigas de amarre o corona en los muros o elementos de mampostería.



CARACTERÍSTICAS DE LAS ABERTURAS

Vulnerabilidad Baja

- Las aberturas en los muros estructurales totalizan menos del 35% del área total del muro.
- La longitud total de aberturas en el muro corresponde a menos de la mitad de la longitud total del muro.
- Existe una distancia desde el borde del muro hasta la abertura adyacente igual a la altura de la misma o 50 cm, la que sea mayor.



Vulnerabilidad Media

- No se cumplen algunos de los anteriores requisitos en algunos de los muros de la vivienda.

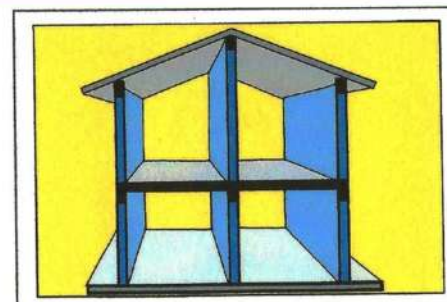
Vulnerabilidad Alta

- Muy pocos o ningún muro estructural de la vivienda cumple con los requisitos anteriores.

ENTREPISO

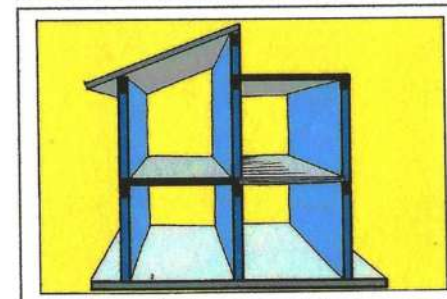
Vulnerabilidad Baja

- El entrepiso está conformado por placas de concreto fundidas en el sitio o placas prefabricadas que funcionan de manera monolítica.
- La placa de entrepiso se apoya de manera adecuada a los muros de soporte y proporciona continuidad y monolitismo.
- La placa de entrepiso es continua, monolítica y uniforme en relación con los materiales que lo componen.



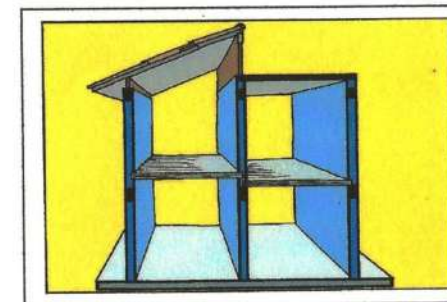
Vulnerabilidad Media

- La placa de entrepiso no cumple con alguna de las anteriores consideraciones



Vulnerabilidad Alta

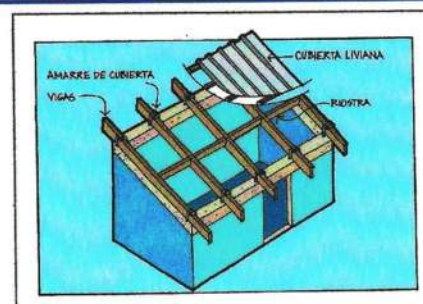
- La placa de entrepiso no cumple con varias de las consideraciones anteriores.
- Los entrepisos están conformados por madera o combinaciones de materiales (guadua, mortero, madera, concreto) y no proporcionan las características de continuidad y amarre deseados.



AMARRE DE CUBIERTAS

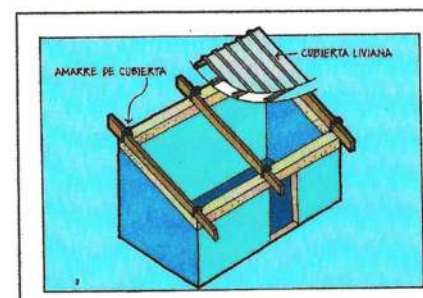
Vulnerabilidad Baja

- Existen tornillos, alambres o conexiones similares que amarran el techo a los muros.
- Hay arriostramiento de las vigas y la distancia entre vigas no es muy grande.
- La cubierta es liviana y está debidamente amarrada y apoyada a la estructura de cubierta.



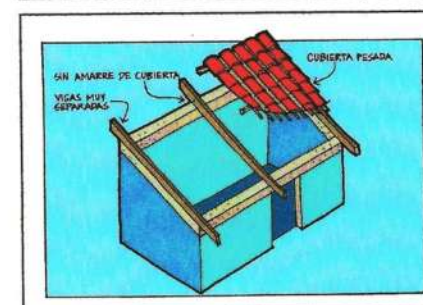
Vulnerabilidad Media

- Algunos de los anteriores requisitos se cumplen



Vulnerabilidad Alta

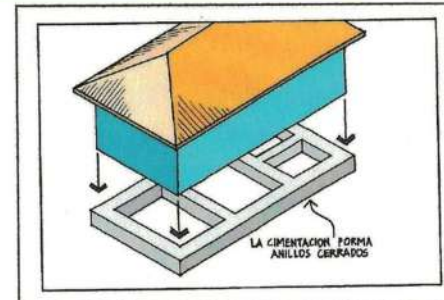
- La mayoría de los requisitos mencionados anteriormente no se cumplen.
- La cubierta es pesada y no está debidamente soportada o arriostrada.



CIMENTACIÓN

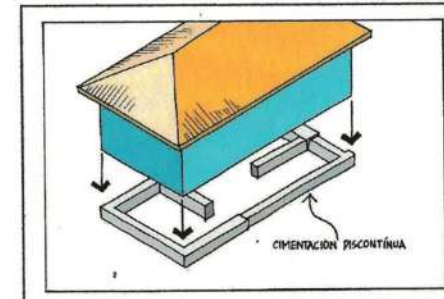
Vulnerabilidad Baja

- La cimentación está conformada por vigas corridas en concreto reforzado bajo los muros estructurales.
- Las vigas de cimentación conforman anillos amarrados.
- Las vigas de cimentación en concreto reforzado cumplen los demás requisitos establecidos en el capítulo I de este manual.



Vulnerabilidad Media

- La cimentación no está debidamente amarrada.
- No se cumplen algunos de los requerimientos anteriores



Vulnerabilidad Alta

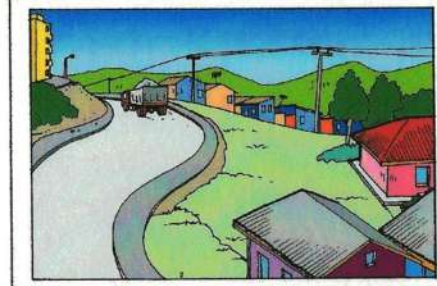
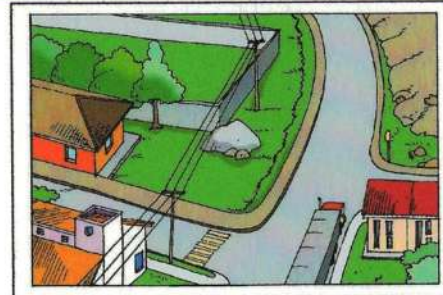
- La edificación no cuenta con una cimentación adecuada de acuerdo con los requerimientos anteriores.



SUELOS

Vulnerabilidad Baja

- El suelo de la fundación es duro. Esto se puede saber cuando alrededor de la edificación no existen hundimientos, cuando no se evidencian árboles o postes inclinados, no se siente vibración cuando pasa un vehículo pesado cerca de la vivienda o cuando en general las viviendas no presentan agrietamientos o daños generalizados, especialmente grietas en los pisos o hundimientos y desniveles en el mismo.



Vulnerabilidad Media

- El suelo de la fundación es de mediana resistencia. Se puede presentar en general algunos hundimientos y vibraciones por el paso de vehículos pesados. Se pueden identificar algunos daños generalizados en viviendas o manifestaciones de hundimientos pequeños.

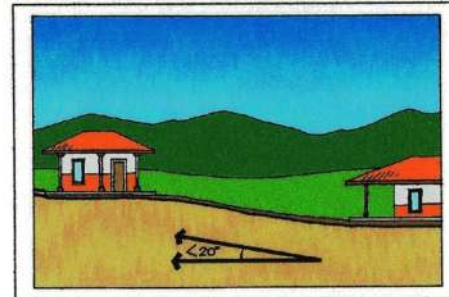
Vulnerabilidad Alta

- El suelo de la fundación es blando o es arena suelta. Se sabe por el hundimiento en las zonas vecinas, se siente la vibración al paso de vehículos pesados y la vivienda ha presentado asentamientos considerables en el tiempo de construcción. La mayoría de las viviendas de la zona presentan agrietamientos y/o hundimientos.

ENTORNO

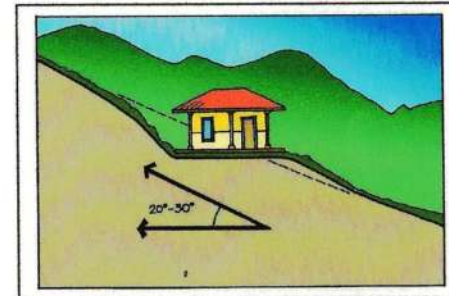
Vulnerabilidad Baja

- La topografía donde se encuentra la vivienda es plana o muy poco inclinada.



Vulnerabilidad Media

- La topografía donde se encuentra la casa tiene un ángulo entre 20 a 30 grados de inclinación con la horizontal.



Vulnerabilidad Alta

- La vivienda se encuentra localizada en pendientes con una inclinación mayor de 30 grados con la horizontal.



RESUMEN

COMPONENTE	VULNERABILIDAD		
	BAJA	MEDIA	ALTA
ASPECTOS GEOMÉTRICOS			
• Irregularidad en planta de la edificación			
• Cantidad de muros en las dos direcciones			
• Irregularidad en altura			
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS			
• Calidad de las juntas de pega en mortero			
• Tipo y disposición de las unidades de mampostería			
• Calidad de las juntas de los materiales			
ASPECTOS ESTRUCTURALES			
• Muros confinados y reforzados			
• Detalles de columnas y vigas de confinamiento			
• Vigas de amarre o corona			
• Características de las aberturas			
• Entrepiso			
• Amarre de cubiertas			
CIMENTACIÓN			
SUELOS			
ENTORNO			
	BAJA	MEDIA	ALTA
CALIFICACIÓN GLOBAL DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA VIVIENDA			

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DAÑO EN VIVIENDAS AFECTADAS POR SISMOS

INTRODUCCIÓN

Una vivienda puede verse afectada por diferentes causas casi siempre asociadas a causas naturales. Resulta importante identificar las causas principales de los daños en la vivienda para garantizar que las intervenciones propuestas efectivamente solucionen el problema presentado y evitar que se presenten los mismos daños en un futuro cercano. Las causas más usuales de daño en vivienda son las siguientes: Terremotos, Deslizamientos, Asentamientos y deformaciones del suelo, cauces de ríos y quebradas muy cercanos y deformaciones del suelo, vientos fuertes, deterioro natural

Terremotos



Deslizamientos

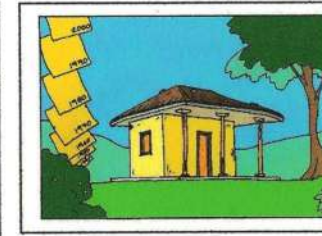
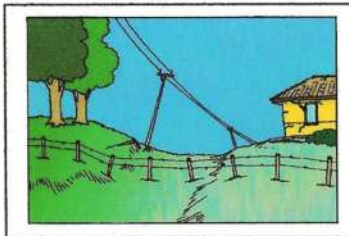


Asentamientos y deformaciones del suelo

Cauces de ríos y quebradas muy cercanos

Vientos fuertes

Deterioro natural



*Para adelantar la reparación de los daños de una vivienda se debe identificar claramente las causas de los mismos. El presente documento hace referencia **ÚNICAMENTE A DAÑOS CAUSADOS POR TERREMOTOS** aunque puede adaptarse fácilmente a otro tipo de daños con la participación de un ingeniero.*

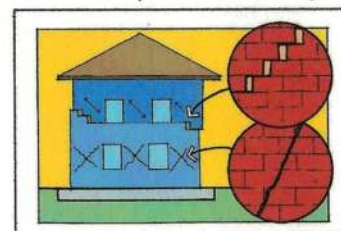
ELEMENTOS SUSCEPTIBLES A SUFRIR DAÑOS EN VIVIENDAS

Los elementos susceptibles a sufrir daños en viviendas de mampostería son los muros (largos y cortos), las vigas y los entrepisos. A continuación se presentan ejemplos del tipo de daños que puede presentarse en cada uno de estos tipos de elementos y cómo a partir de esto puede establecerse una calificación global del daño de la edificación.

Mampostería No Reforzada

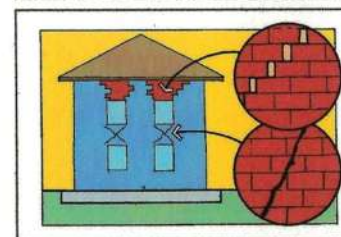
Muros cortos o Pilastras

Se trata de elementos de mampostería de relativa poca longitud, en general en cercanías de aberturas de puertas y ventanas y que conforman pilas de mampostería. La deformación horizontal y por lo tanto los daños principales se concentran en las pilas.



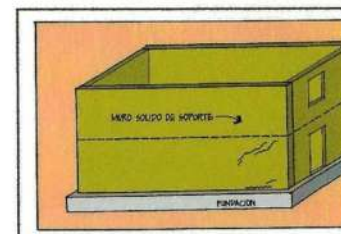
Vigas, dinteles, antepechos

Se trata de elementos de mampostería complementarios que conforman normalmente vigas, dinteles o antepechos y que acumulan deformaciones y/o daños al ser mas débiles que los muros cortos o pilastras adyacentes.



Muros fuertes

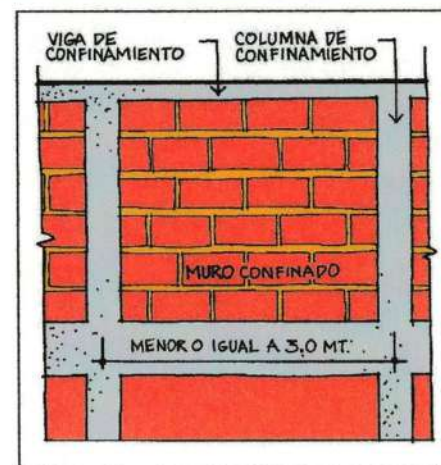
Se trata de muros de mampostería de longitud apreciable y en los que normalmente no se presentan aberturas. Presentan un comportamiento elástico de cuerpo rígido funcionando en general como un voladizo empotrado en la cimentación.



Mampostería Confinada

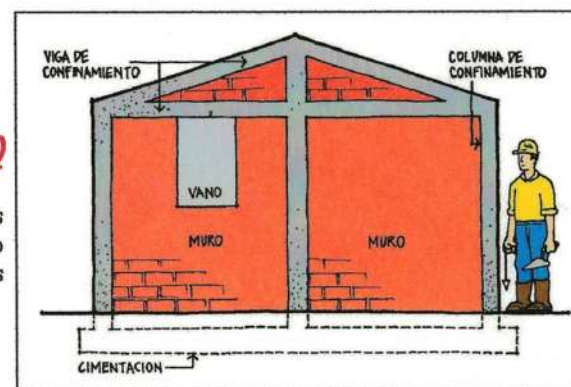
Paneles

Se trata de los muros de mampostería no reforzada contenidos entre marcos de concreto reforzado de confinamiento. Los paneles pueden presentar agrietamientos en diagonal o pueden presentar tendencia a la falla en dirección perpendicular al plano del muro.



Elementos de confinamiento (vigas y columnas)

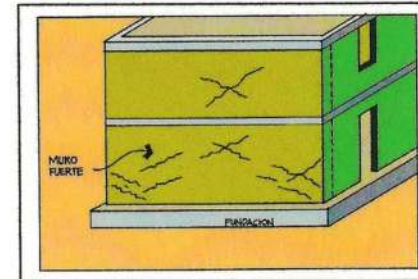
Vigas y columnas de confinamiento que tienen como función reforzar los paneles de mampostería no reforzada. Estos elementos de confinamiento pueden fallar por corte, por tensión, por compresión o por efectos combinados principalmente como consecuencia del agrietamiento del panel interior.



Mampostería Reforzada

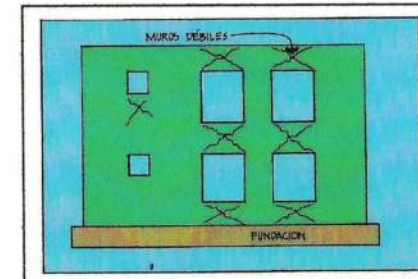
Muros fuertes

Se trata de muros de mampostería reforzada cuyo funcionamiento en general es equivalente a un muro en voladizo empotrado en la base y cuya capacidad está controlada en general en su base (falla a flexión y/o a cortante). En algunos casos pueden estar unidos a otros muros fuertes mediante vigas de conexión relativamente débiles.



Muros Débiles

Muros de mampostería reforzada que son en general más débiles que las vigas que los conectan. En general la capacidad del sistema está controlada por la capacidad a corte de los muros lo cual se manifiesta comúnmente con grietas diagonales en los mismos.



Vigas, dinteles, antepechos

Todos los elementos anexos a los muros tales como vigas, dinteles y antepechos son susceptibles a sufrir daños debido a los desplazamientos horizontales que ocurren en el sistema estructural principal.



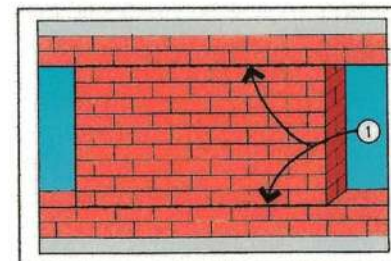
CALIFICACIÓN DEL NIVEL DE DAÑO EN ELEMENTOS INDIVIDUALES

Muros cortos o pilastras (Rotación del muro)

Mampostería no reforzada

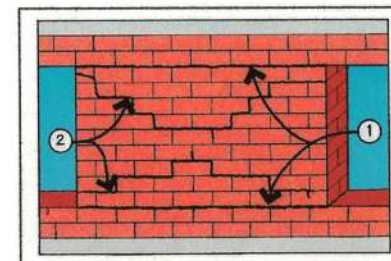
DAÑOS LEVES

1. Pequeñas grietas y mortero fisurado en las juntas horizontales en el extremo superior e inferior de la pila.



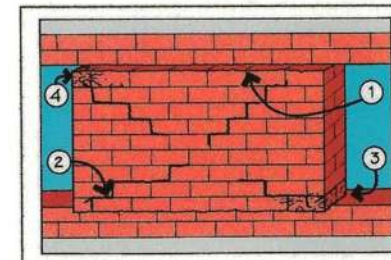
DAÑOS MODERADOS

1. Grietas moderadas y mortero fisurado en las juntas horizontales en el extremo superior e inferior de la pila.
2. Posibles grietas y mortero fisurado en las juntas de pega dentro de la pila pero las juntas horizontales no se abren.



DAÑOS SEVEROS

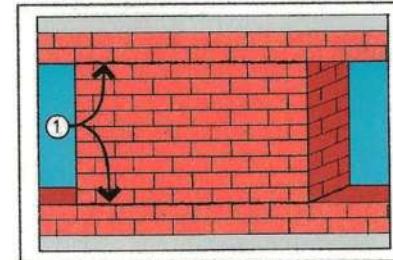
1. Posible movimiento en el plano o fuera de el, en la parte superior e inferior de las pilas.
2. Unidades de mampostería rotos y fisurados en las esquinas de la pila.
3. Grietas y mortero fisurado en las juntas horizontales en el extremo superior e inferior de la pila.



Muros cortos o pilastras (Deslizamiento de las juntas horizontales)

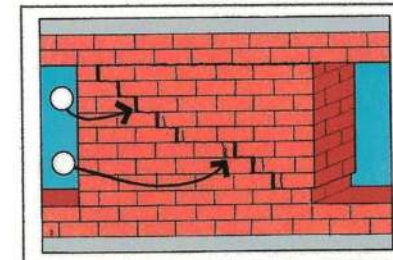
DAÑOS LEVES

1. Mortero agrietado y fisurado en la parte superior e inferior de las uniones. Grietas en forma escalonada pero no continuas a través de la pila se han iniciado pero no hay desplazamiento horizontal. No se presentan grietas en las unidades de mampostería.



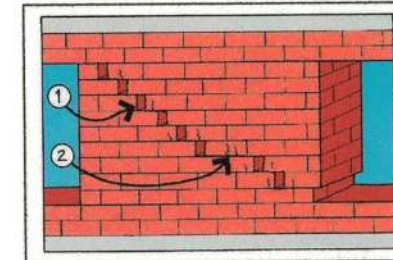
DAÑOS MODERADOS

1. Grietas horizontales y mortero fisurado en las juntas horizontales indican que ha ocurrido un desplazamiento horizontal a lo largo de las grietas y se crea un mecanismo de rotura escalonado con aberturas en las juntas de 6 mm.
2. El 5% de las hiladas tienen grietas en las unidades de mampostería.



DAÑOS SEVEROS

1. Grietas horizontales y mortero triturado en las juntas horizontales indican que ha ocurrido un desplazamiento horizontal a lo largo de las grietas y se crea un mecanismo de rotura escalonado con aberturas en las juntas de aprox 12 mm.
2. Más del 10% de las hiladas tienen grietas en las unidades de mampostería.

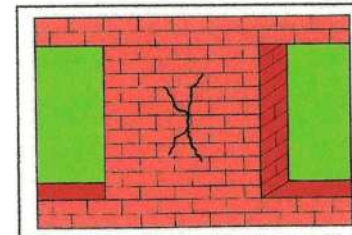


Muros cortos o pilastras (Mecanismo de tensión diagonal)

Mampostería no reforzada

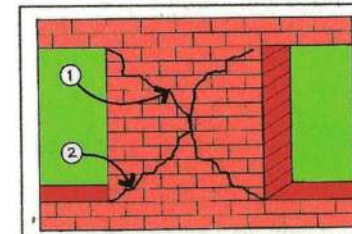
DAÑOS LEVES

1. Grietas diagonales pequeñas en unidades de mampostería en un poco menos del 5% de las hiladas.



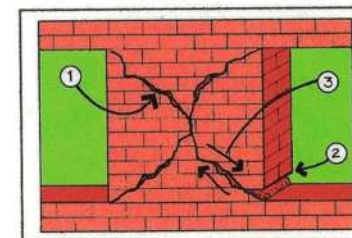
DAÑOS MODERADOS

1. Grietas diagonales en la pila, muchas de las cuales van a través de las unidades de mampostería con grietas de ancho menor a 6 mm.
2. Las grietas diagonales llegan a alcanzar las esquinas de la pila. No se presentan roturas o fisuras en las esquinas de la pila.



DAÑOS SEVEROS

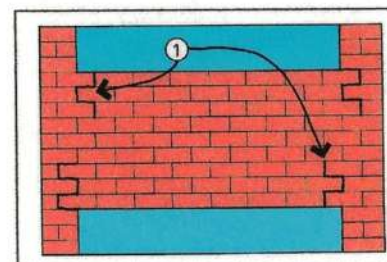
1. Grietas diagonales en la pila, muchas de las cuales van a través de las unidades de mampostería con grietas de ancho superior a 6 mm.
2. Se presentan roturas y fisuras secundarias en las esquinas de la pila.
3. Movimientos secundarios a lo largo o a través del plano de rotura.
4. Desprendimiento de partes de mampostería.



Vigas, dinteles, antepechos (rotación en elementos de soporte)

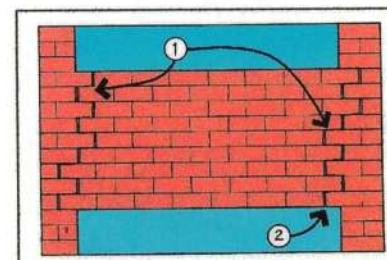
DAÑOS LEVES

1. Grietas pequeñas escalonadas y mortero fisurado en los extremos de la viga en las partes superior e inferior de las uniones sobre la tercera hilada en los extremos del antepecho. No se presentan grietas en las unidades. Solo se evidencian separaciones relativas en los elementos de soporte.



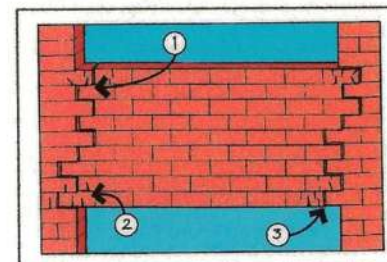
DAÑOS MODERADOS

1. Grietas moderadas escalonadas y mortero fisurado en los extremos de la viga en la parte superior e inferior de las uniones. Las grietas indican que ha ocurrido un desplazamiento horizontal en el plano y se presentan aberturas en las juntas de pega de aprox 6 mm. No se presentan grietas en las unidades de mampostería.
2. No se presenta desplazamiento vertical de la viga.



DAÑOS SEVEROS

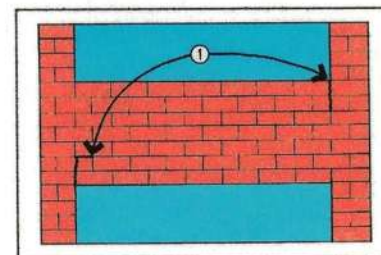
1. Grietas escalonadas y mortero fisurado en los extremos de la viga en la parte superior e inferior de las uniones. Las grietas indican que ha ocurrido un desplazamiento horizontal en el plano y se presentan aberturas en las juntas de pega de aprox. 12 mm). No se presentan grietas en las unidades de mampostería.
2. Posible deterioro de las unidades superiores y extremas de la viga pero no hay deslizamientos verticales en la misma. Posible rotación de la viga con respecto a la pila de soporte.



Vigas, dinteles, antepechos (rotación y eventual desplazamiento relativo en elementos de soporte)

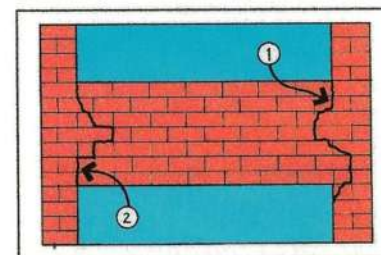
DAÑOS LEVES

1. Predominan grietas verticales y mortero fisurado en una o dos unidades en el extremo de la viga.



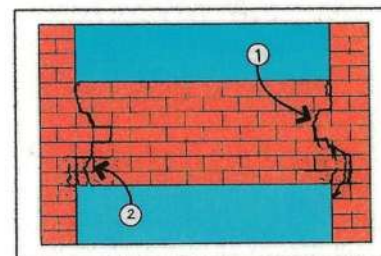
DAÑOS MODERADOS

1. Predominan grietas verticales y mortero fisurado a través de la profundidad total de cada extremo de la viga. Se presentan grietas que atraviesan las unidades de mampostería.
2. Algún deterioro de las unidades en el extremo inferior de la viga pero no se presentan movimientos verticales de la misma.



DAÑOS SEVEROS

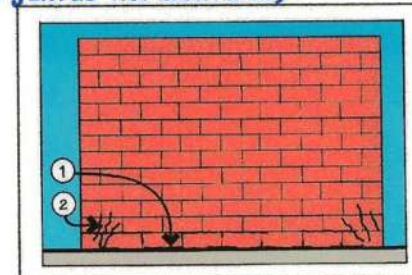
1. Predominan grietas verticales y mortero fisurado a través de la profundidad total de cada extremo de la viga. Sobre 1/3 de las hiladas las grietas van a través de las unidades de mampostería.
2. Se presenta gran deterioro de las unidades en el extremo inferior de la viga con movimientos verticales de la misma.



Muros fuertes (flexión/rotura de la base/desplazamiento de las juntas horizontales)

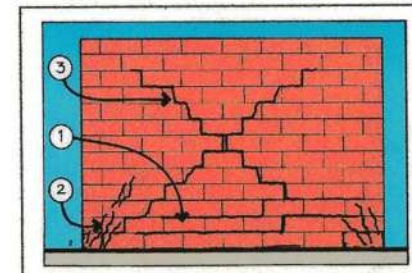
DAÑOS LEVES

1. Grietas horizontales pequeñas en las juntas horizontales en los talones del muro.
2. Grietas orientadas diagonalmente y fisuras secundarias en el talón del muro.



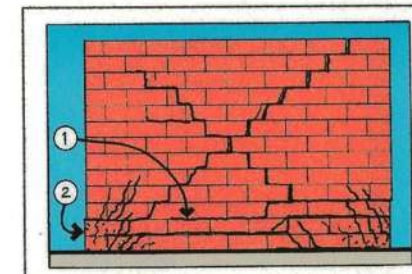
DAÑOS MODERADOS

1. Grietas horizontales y mortero fisurado en las juntas horizontales indican que ha ocurrido un desplazamiento horizontal a lo largo de las grietas y se crea un mecanismo de rotura escalonado con aberturas en las juntas de aprox. 6 mm.
2. Grietas diagonales y rotura en el talón del muro. Las grietas se extienden en varias hiladas.
3. Grietas orientadas diagonalmente algunas de las cuales atraviesan las unidades de mampostería.



DAÑOS SEVEROS

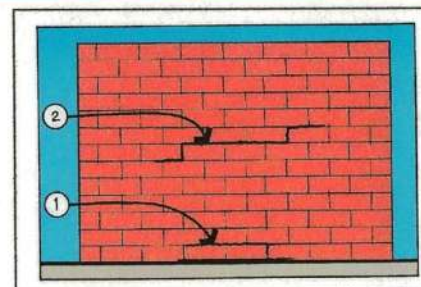
1. Grietas horizontales cerca de la base del muro similar al nivel de daño moderado excepto que el ancho es de aprox. 12mm.
2. Grietas orientadas diagonalmente y grietas en la base del muro. Las grietas se extienden en varias hiladas. Se presentan grietas a través de las unidades de mampostería. Se presentan roturas locales de la mampostería.
3. Grietas diagonales que tratan de combinar mecanismos de colapso. Pueden atravesar piezas de mampostería.



Muros fuertes (Grietas por flexión/ Rotura de la base)

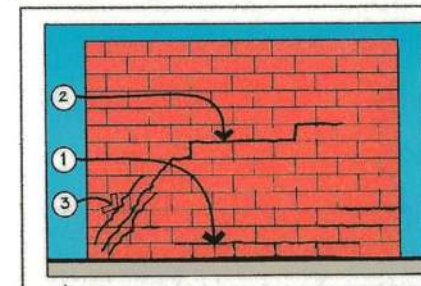
DAÑOS LEVES

1. Grietas horizontales pequeñas en las juntas horizontales en el talón del muro.
2. Grietas en la porción central del muro. No se presentan desplazamientos horizontales a lo largo de la grieta y el plano de rotura no es continuo a través de la grieta. No hay mecanismo completo. No se presentan roturas en las unidades de mampostería.



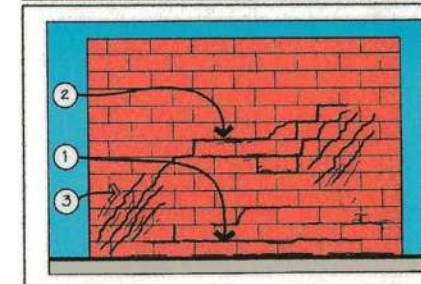
DAÑOS MODERADOS

1. Grietas moderadas horizontales en las juntas horizontales en el talón del muro.
2. Roturas horizontales en grietas de la parte central del muro. Se presentan algunos desplazamientos horizontales a lo largo de la grieta.
3. Grietas diagonales que se prolongan hacia los talones del muro y tratan de conformar mecanismo general.



DAÑOS SEVEROS

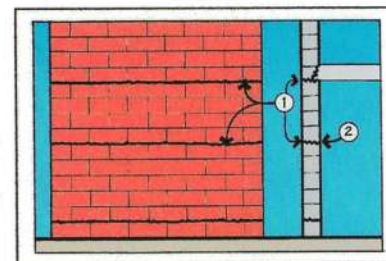
1. Grietas horizontales en las juntas horizontales en el talón del muro.
2. Roturas horizontales en grietas en la parte central del muro. Se presentan grandes desplazamientos horizontales a lo largo de la grieta.
3. Grietas diagonales en la base del muro que pueden atravesar las unidades de mampostería. Algunas de ellas pueden generar rotura de partes de la mampostería.



Muros fuertes (Flexión fuera del plano del muro)

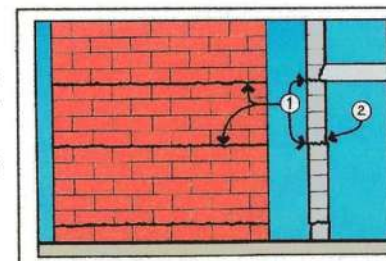
DAÑOS LEVES

1. Grietas pequeñas en las pegas de unión con el piso o cubierta y en la mitad de la altura de los pisos.
2. No se presentan desplazamientos horizontales fuera del plano o rotura de mortero a lo largo de las grietas.



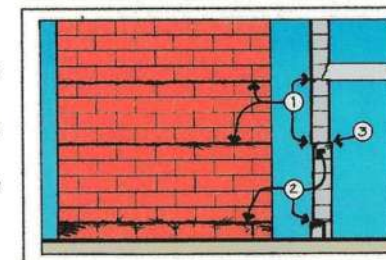
DAÑOS MODERADOS

1. Grietas moderadas en las pegas de unión con el piso o cubierta y en la mitad de la altura de los pisos las cuales pueden presentar roturas en el mortero.
2. Desplazamiento fuera del plano a lo largo de grietas con anchos menores a unos 3 mm.



DAÑOS SEVEROS

1. Grietas en las líneas del piso/cubierta y en la mitad de la altura de los pisos las cuales pueden presentar fisuras en el mortero.
2. Fisuras en los extremos de las unidades a lo largo del plano de rotura.
3. Desplazamientos horizontales fuera del plano a lo largo de grietas con desplazamientos al orden de 12 mm.

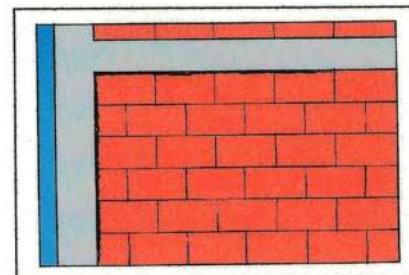


Paneles (rotura y fisuración en las esquinas)

Mampostería Confinada

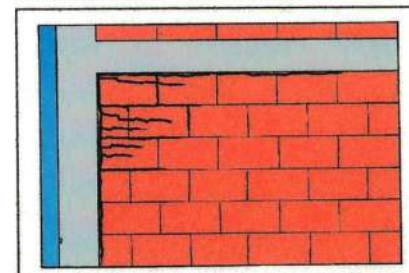
DAÑOS LEVES

1. Separación del mortero alrededor del perímetro del panel y rotura del mortero cerca de las esquinas del panel.



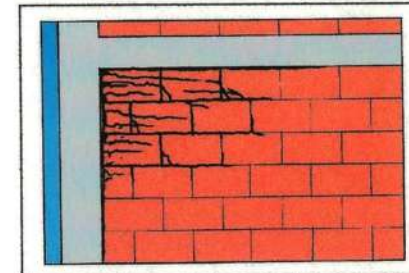
DAÑOS MODERADOS

1. Rotura del mortero, grietas en unidades de mampostería incluyendo movimientos laterales de las fachadas.



DAÑOS SEVEROS

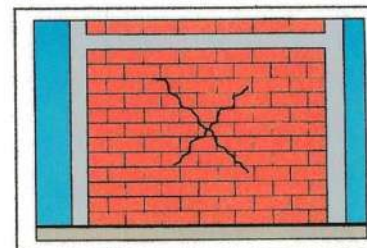
1. Pérdida de partes de la mampostería en las esquinas y total fisuramiento de las fachadas. Roturas diagonales y/o deslizamientos de las juntas.



Paneles (Tensión diagonal)

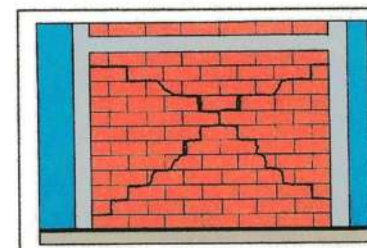
DAÑOS LEVES

1. Roturas pequeñas en forma de diagonales en las unidades de mampostería. Están asociadas con fallas por adherencia entre el mortero y el bloque. Las grietas se concentran en la zona central del panel.



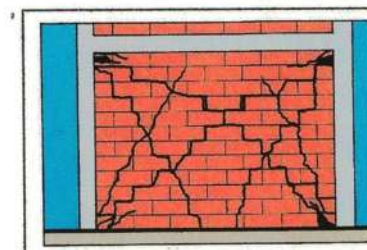
DAÑOS MODERADOS

1. Grietas moderadas totalmente extendidas a lo largo de diagonales siguiendo las hiladas del mortero escalonadamente. En ocasiones se propagan a través de las piezas de mampostería. Se presentan algunas roturas y desprendimientos de mortero. Las grietas permanecen relativamente cerradas debido al confinamiento provisto por los marcos de concreto reforzado.



DAÑOS SEVEROS

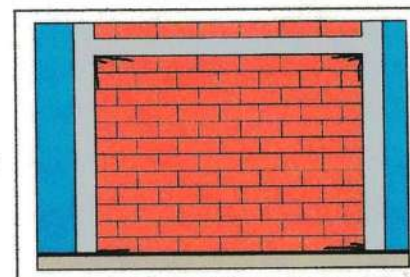
1. Las grietas tienen anchos del orden de 3 mm y están usualmente conectadas con las esquinas deterioradas. Se presentan pérdidas del mortero en zonas de alta compresión. Se presentan varias grietas diagonales. Se presenta con frecuencia rotura en las unidades de mampostería.
2. Partes de la mampostería y/o morteros pueden deteriorarse completamente y caerse por fuera del plano del muro. Deterioro avanzado del muro.



Paneles (Desplazamiento de las juntas horizontales)

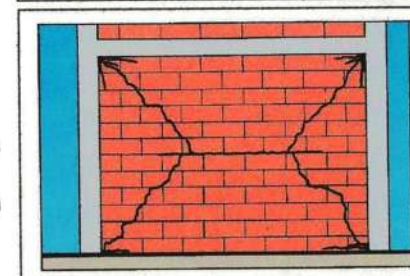
DAÑOS LEVES

1. Roturas del mortero alrededor del perímetro del marco. Esto se nota muy particularmente en las columnas cerca de las esquinas de los paneles.



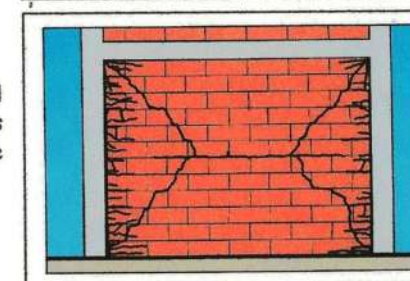
DAÑOS MODERADOS

1. Rotura del mortero y agrietamiento de las unidades de mampostería que se extienden sobre grandes zonas adyacentes a la viga y columna.
2. Presencia de grietas horizontales en la parte central del muro. Conexión con las grietas diagonales en las esquinas del panel.



DAÑOS SEVEROS

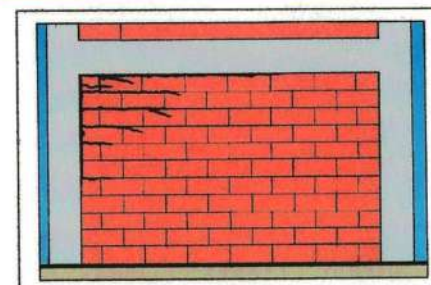
1. Rotura significativa de mortero y piezas que se extienden alrededor del perímetro del marco particularmente a lo largo de la altura de las columnas. Conformación del mecanismo. Desplazamientos horizontales de las juntas.



Paneles (Rotura diagonal y rotura de las esquinas)

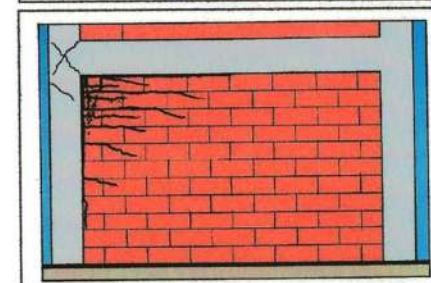
DAÑOS LEVES

1. Separación del mortero alrededor del marco ocurre primero en la interfase viga - panel. Algunas grietas pequeñas pueden ser evidentes a lo largo de las hiladas.



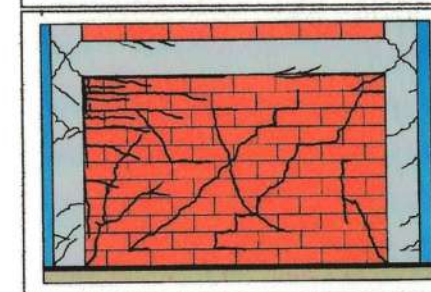
DAÑOS MODERADO

1. Para un marco dúctil (columna fuerte-viga débil) la cedencia del refuerzo longitudinal ocurre primero en la viga con grietas secundarias en las columnas. Roturas por compresión ocurren en los bloques de las esquinas. Algunas grietas pequeñas en X se pueden esperar en la unión viga-columna.



DAÑOS SEVEROS

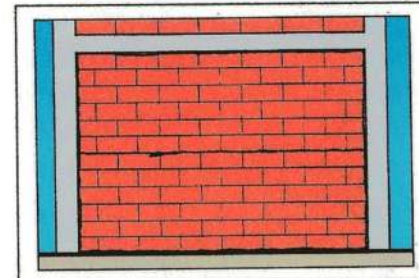
1. Grietas extensas en las zonas de articulación de vigas y columnas llevando a fisurar el concreto del marco. Grietas diagonales pasan a través de las piezas de mampostería. Fisuramiento de los paneles en las esquinas y también a través del plano de corte crítico en la mitad de la altura del mismo.



Paneles (efectos fuera del plano del muro)

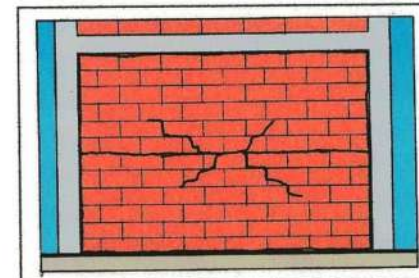
DAÑOS LEVES

1. Grietas por flexión en el mortero alrededor del perímetro con grietas pequeñas en el mortero a la mitad de la altura del panel.



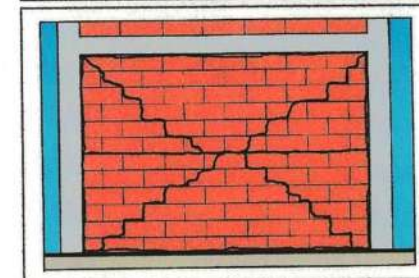
DAÑOS MODERADOS

1. Rotura y pérdida del mortero a lo largo de la parte superior, inferior y en la mitad.
2. Posiblemente roturas en forma de X en el área central del panel.



DAÑOS SEVEROS

1. Roturas severas de esquina a esquina con alguna mampostería sacada fuera del plano. En la parte superior, inferior y en la mitad el mortero se encuentra completamente fisurado o suelto. Hay mampostería sacada fuera del plano. Roturas extendidas en forma de X. Mecanismos de colapso evidentes.



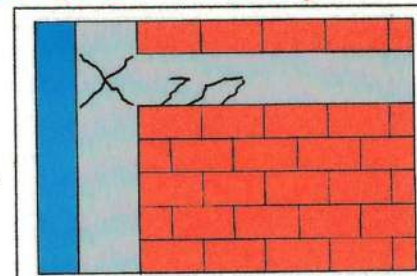
Mampostería Confinada

Columnas de confinamiento (Agrietamiento de la columna por falla a cortante)

Mampostería Confinada

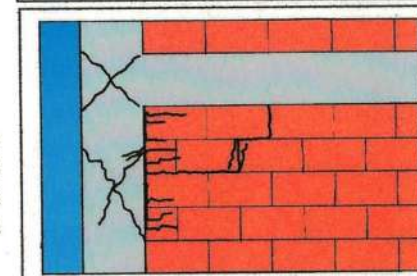
DAÑOS LEVES

1. Varias grietas por flexión se forman en las columnas cerca a la esquina superior del panel.



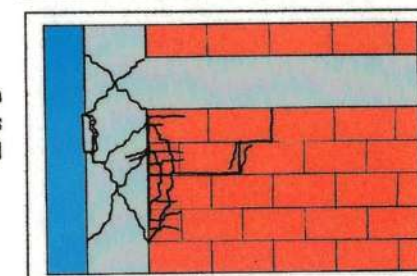
DAÑOS MODERADO

1. Grietas por flexión se convierten a grietas de corte en X sobre una pequeña longitud cerca al extremo de las columnas (generalmente en dos anchos de columna). El recubrimiento del acero de refuerzo en esta zona de la columna se perderá. Algunas roturas asociadas pueden aparecer en el panel.



DAÑOS SEVEROS

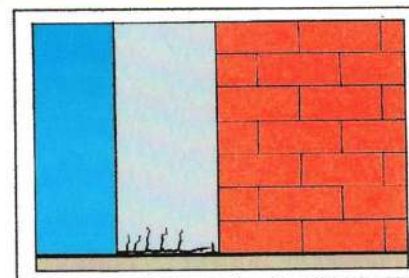
1. Roturas severas en las columnas. Los flejes de las columnas han desarrollado su capacidad y pueden presentarse algunas fallas localizadas en los mismos. Se presentan fisuras en el recubrimiento del concreto y probabilidad de desprendimiento del mismo por zonas.



Columnas de confinamiento (Falla del empalme del traslapo)

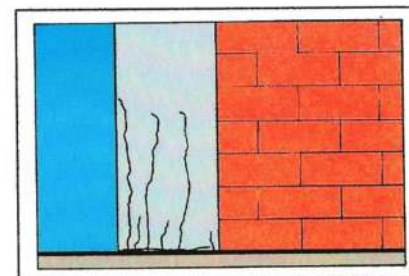
DAÑOS LEVES

1. Grietas por flexión en la placa de piso y grietas verticales pequeñas y leves.



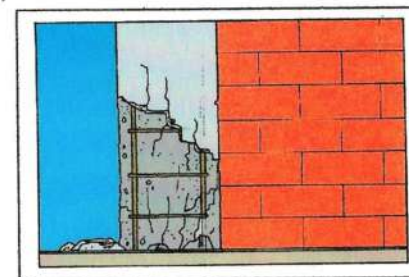
DAÑOS MODERADOS

1. Grietas por flexión-tensión en el nivel de placa de piso con alguna evidencia de rotura de la base. Grietas longitudinales verticales hacen perder el recubrimiento del concreto en la parte inferior de la columna.



DAÑOS SEVEROS

1. Grietas importantes en la zona inferior de la columna.
2. Pérdida del recubrimiento de manera generalizada en las partes inferiores de la columna. Exposición del núcleo de concreto y del acero de refuerzo en la zona que presenta falla por traslapo.

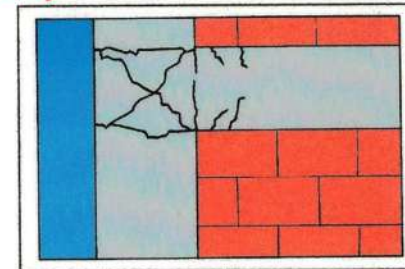


Columnas de confinamiento (Daño en la conexión viga-columna)

Mampostería Confinada

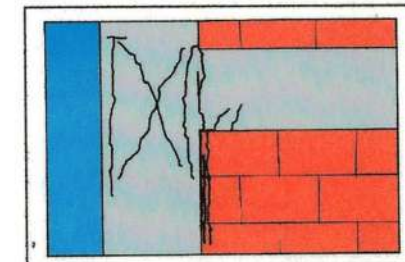
DAÑOS LEVES

1. Grietas pequeñas en forma de X en las uniones.



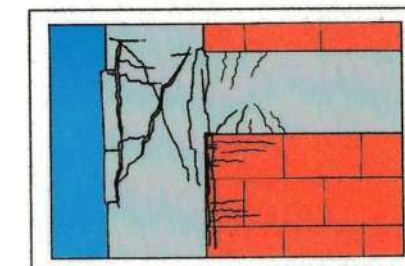
DAÑOS MODERADOS

1. Grietas generalizadas en forma de X en las uniones viga-columna de confinamiento
2. Tamaño de grietas en el orden de los 3 mm



DAÑOS SEVEROS

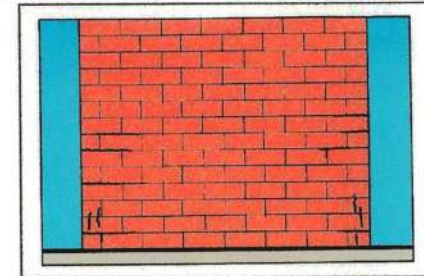
1. Grietas generalizadas en forma de X con anchos aprox de 6 mm. Algún lado de la cubierta puede también fisurarse.
2. Se presenta desprendimiento del concreto de recubrimiento especialmente en la zona exterior de la unión. Fisuración generalizada en la zona de unión.



Muros fuertes (Flexión dúctil)

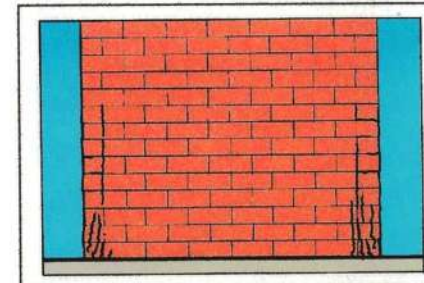
DAÑOS LEVES

1. Las grietas no exceden 3 mm de ancho.
2. Grietas verticales y fisuras leves en las unidades de mampostería



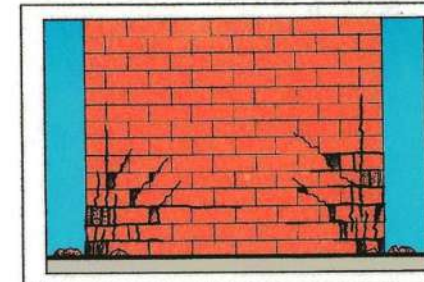
DAÑOS MODERADOS

1. Las grietas no exceden los 5 mm de ancho.
2. Moderada fisuración en las unidades de mampostería y grietas verticales en las esquinas del muro.
3. Refuerzo en estado de fluencia.
4. Desplazamiento permanente no significativo.



DAÑOS SEVEROS

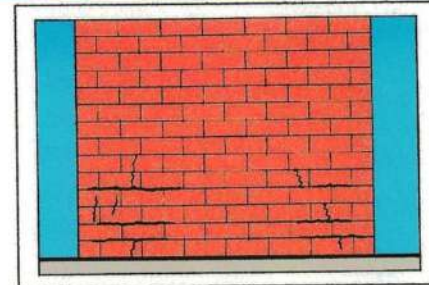
1. Refuerzo en estado de fluencia y eventual rotura
2. Grietas con ancho en el orden de los 6 mm.
3. Grandes desplazamientos permanentes no recuperables.
4. Extensas roturas en las unidades de mampostería por efectos de compresión
5. Refuerzo visiblemente fallado o doblado



Muros fuertes (Flexión / cortante)

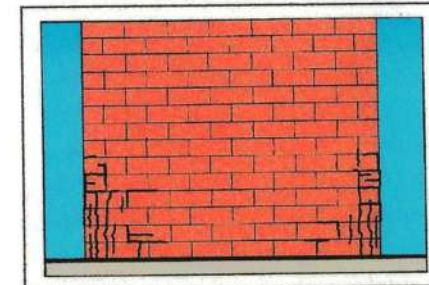
DAÑOS LEVES

1. Las grietas no excedan los 3 mm.
2. Algunas grietas verticales y fisuras leves en las unidades de mampostería.



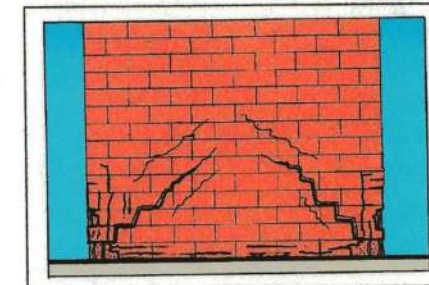
DAÑOS MODERADOS

1. Las grietas no exceden los 5 mm.
2. Moderada fisuración en las unidades de mampostería y grietas verticales en las esquinas del muro.
3. Refuerzo en estado de fluencia.
4. Desplazamiento permanente no significativo.



DAÑOS SEVEROS

1. Refuerzo en estado de fluencia y eventual rotura.
2. Grietas con ancho superior a los 6 mm, típicamente concentrados en una sola grieta.
3. Grietas diagonales anchas, típicamente concentradas en una o dos grietas.
4. Rotura de la mampostería en la base del muro por efecto de compresión.
5. Refuerzo visiblemente fallado o doblado.



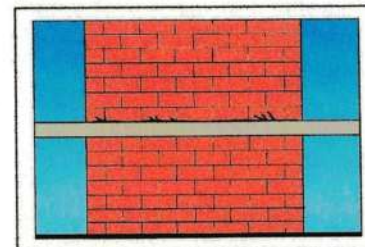
Mampostería Reforzada

Muros fuertes (Flexión / Deslizamiento por corte)

Mampostería Reforzada

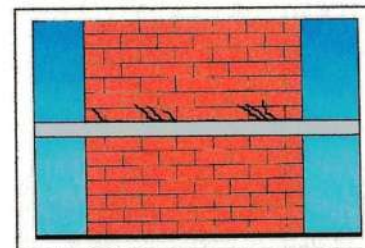
DAÑOS LEVES

1. Grietas que no excedan los 3 mm.
2. Algunas grietas verticales y fisuras leves.



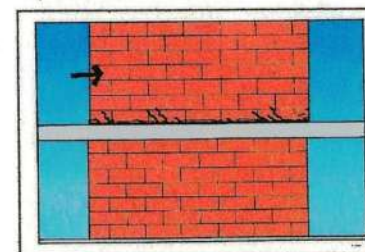
DAÑOS MODERADOS

1. Similar al leve pero con grietas más extensas



DAÑOS SEVEROS

1. Desplazamiento horizontal permanente del muro
2. Roturas y fisuras en la base de la mampostería

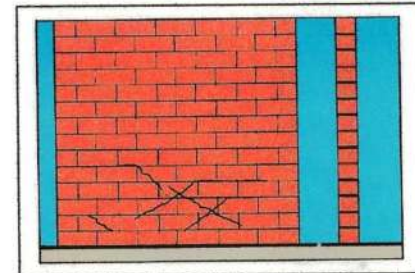


Muros fuertes (Flexión / Inestabilidad fuera del plano)

Mampostería Reforzada

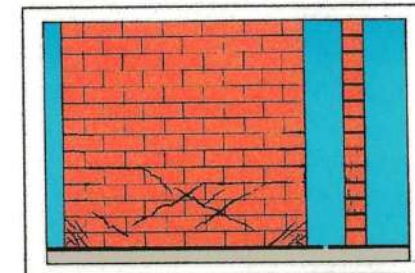
DAÑOS LEVES

1. Las grietas no exceden los 3 mm de ancho.
2. Grietas verticales y fisuras leves en la mampostería.



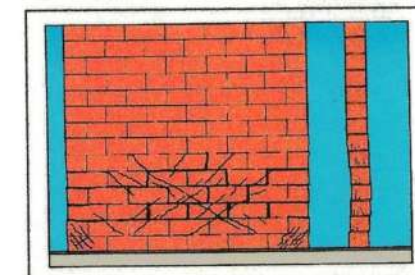
DAÑOS MODERADOS

1. Las grietas no exceden los 5 mm de ancho.
2. Fisuración moderada en las unidades de mampostería y grietas verticales en las esquinas del muro.
3. Refuerzo en estado de fluencia.
4. Desplazamiento permanente no significativo.



DAÑOS SEVEROS

1. Refuerzo en estado de fluencia o eventual rotura.
2. Unidades desplazadas lateralmente.
3. Roturas y fisuras localizado en las unidades.
4. Mecanismos de colapso incipientes.

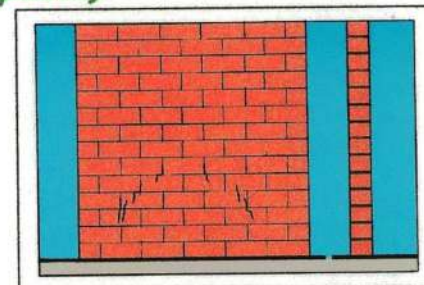


Muros fuertes (Flexión/ Deslizamiento de las uniones traslapadas)

Mampostería Reforzada

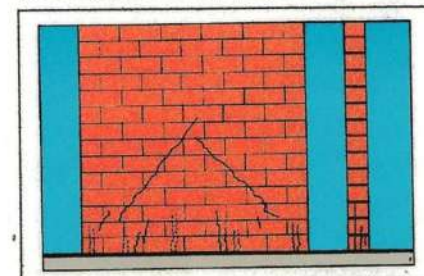
DAÑOS LEVES

1. Las grietas no exceden los 3 mm de ancho.
2. Grietas verticales y fisuras leves en la mampostería.



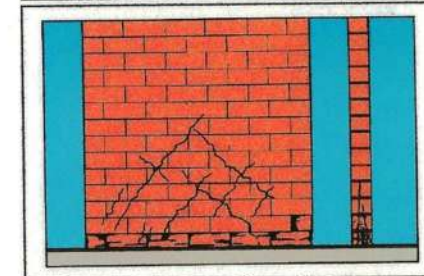
DAÑOS MODERADOS

1. Roturas verticales en la base del muro, particularmente en el ancho del mismo.



DAÑOS SEVEROS

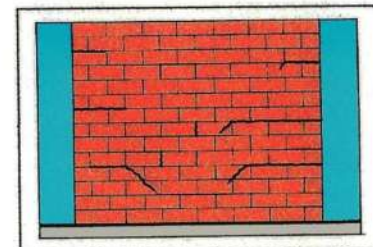
1. Unidades fisuradas en la base del muro y roturas localizadas a compresión.
2. Rotura y desprendimiento de mortero en la base del muro.
3. Mortero pulverizado en la base - tendencia de volcamiento en el muro.
4. Grietas por flexión y/o unidades rotas en la base del muro



Muros Débiles (Flexión / cortante)

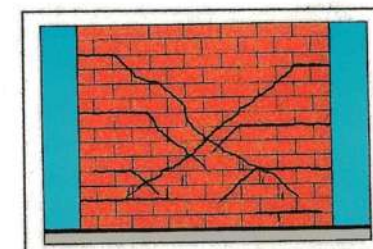
DAÑOS LEVES

1. Las grietas no excedan en los 3 mm de ancho.
2. Grietas verticales y fisuras leves en la mampostería.



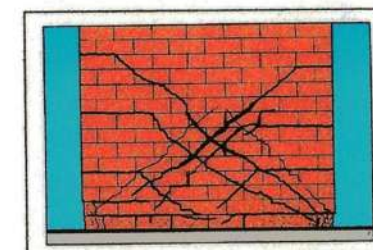
DAÑOS MODERADOS

1. Las grietas no excedan los 5 mm de ancho.
2. Fisuración moderada en las piezas de mampostería del muro y/o grietas verticales en las zonas extremas del muro.
3. Refuerzo en estado de fluencia.
4. Desplazamientos permanentes menores.



DAÑOS SEVEROS

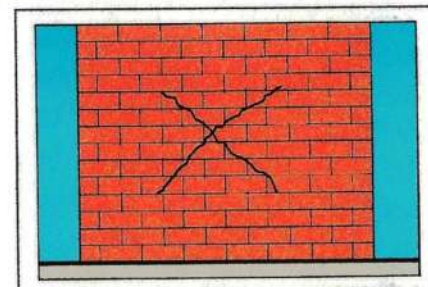
1. Refuerzo en estado de fluencia o eventual rotura.
2. Grietas que exceden los 6 mm y se concentran normalmente en una sola grieta.
3. Grietas diagonales anchas típicamente concentradas en una o dos grietas.
4. Grandes roturas y fisuras en la base del muro, visible desprendimiento del mortero en la base del muro y en las zonas de grietas.



Muros Débiles (Cortante puro)

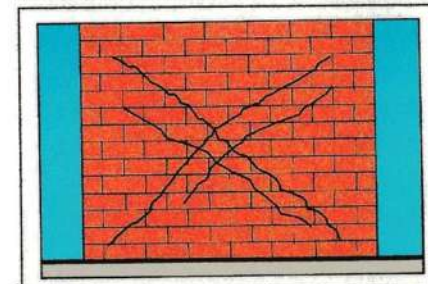
DAÑOS LEVES

1. Las grietas no exceden los 2 mm
2. Grietas verticales y fisuras leves en el centro del muro
3. Pequeñas grietas diagonales



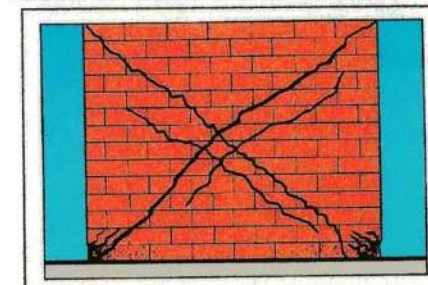
DAÑOS MODERADOS

1. Grietas que no exceden los 2 mm
2. No se presenta fisuración en las piezas de mampostería de las fachadas o en las grietas verticales de las regiones extremas
3. Pueden haber varias grietas diagonales pero hay en general una grieta dominante



DAÑOS SEVEROS

1. Grieta única dominante de ancho mayor a los 10 mm en diagonales del muro.
2. Fallamiento localizado en las esquinas inferiores del muro



Mampostería Reforzada

Vigas Débiles (Flexión / Cortante)

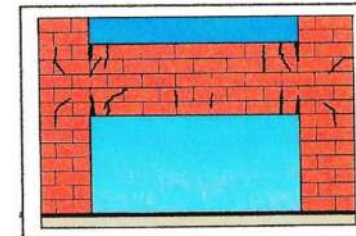
DAÑOS LEVES

1. Las grietas no excedan en general los 3 mm de ancho.
2. Fisuras leves verticales y en diagonal en las uniones de las vigas y elementos de soporte.



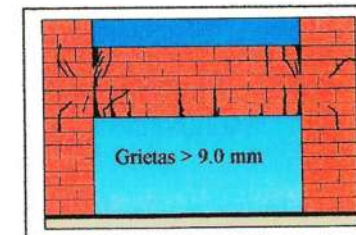
DAÑOS MODERADOS

1. Las grietas no excedan en general los 6 mm de ancho.
2. Fisuras secundarias en los extremos de las vigas.
3. Zonas de fallamiento por compresión en las unidades.



DAÑOS SEVEROS

1. Refuerzo en estado de fluencia o eventual rotura
2. Ancho de las grietas por flexión mayor a los 9 mm.
3. Roturas y fisuras importantes en las uniones de pilas y vigas.



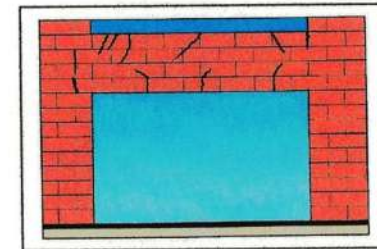
Mampostería Reforzada

Vigas Débiles (Cortante puro)

Mampostería Reforzada

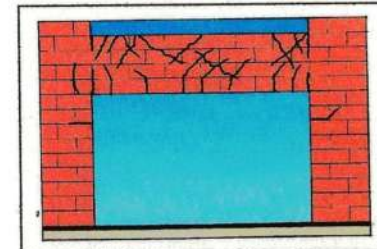
DAÑOS LEVES

1. Grietas menores de 3 mm.
2. Grietas en diagonal y en escalera.



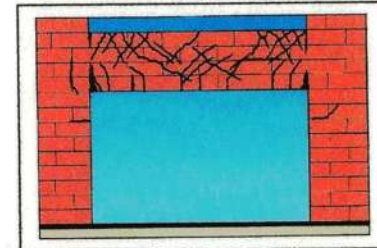
DAÑOS MODERADOS

1. Grietas entre 3 y 6 mm de ancho
2. Generalización de grietas en el elemento



DAÑOS SEVEROS

1. Refuerzo en estado de fluencia o eventual rotura.
2. Rotura o fisuración en los extremos de la viga
3. Grandes grietas diagonales y/o fisuras en la parte central de la viga



RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DAÑO

ELEMENTO/ MECANISMO	CALIFICACIÓN DEL NIVEL DE DAÑO			CALIFICACIÓN GLOBAL
	LEVE	MODERADO	SEVERO	
MAMPOSTERÍA NO REFORZADA				
• MUROS CORTOS O PILASTRAS				
• Rotación Muro-pila				
• Deslizamiento de las juntas horizontales				
• Tensión diagonal				
• VIGAS, DINTELES, ANTEPECHOS				
• Rotación En elementos de soporte				
• Rotación y eventual desplazamiento relativo en elementos de soporte				
• MUROS FUERTES				
• Flexión/ Rotura de la base/ Desplazamiento de las juntas horizontales				
• Grietas por flexión/ Rotura de la base				
MAMPOSTERÍA CONFINADA				
• PANELES				
• Rotura y fisuración de las esquinas				
• Tensión diagonal				
• Desplazamiento de las juntas horizontales				
• Rotura diagonal y rotura de las esquinas				
• Efectos fuera del plano del muro				
• ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO (VIGAS Y COLUMNAS)				
• Agrietamiento de la columna por falla a cortante				
• Falla en el empalme del traslape				
• Daño en la conexión viga- columna				
MAMPOSTERÍA REFORZADA				
• MUROS FUERTES				
• Flexión dúctil				
• Flexión / Cortante				
• Flexión / Deslizamiento por corte				
• Flexión / Inestabilidad fuera del plano				
• Flexión / Deslizamiento de las uniones traslapadas				
• MUROS DÉBILES				
• Flexión / Cortante				
• Cortante puro				
• VIGAS DÉBILES				
• Flexión/ Cortante				
• Cortante Puro				

CALIFICACIÓN GLOBAL DEL DAÑO EN VIVIENDAS DE UNO Y DOS PISOS

De acuerdo con los daños que presenten los elementos críticos de la edificación se debe establecer una calificación global del daño en la vivienda en daños leves, moderados o severos de acuerdo con lo siguiente:

DAÑOS LEVES



Cuando se presentan daños leves en forma generalizada en los elementos de la estructura

O

Cuando se presentan unos pocos daños moderados muy localizados y que no ponen en peligro ninguna parte de la estructura.

DAÑOS MODERADOS



Cuando se presentan daños moderados en forma generalizada en los elementos de la estructura

O

Cuando se presentan unos pocos daños severos muy localizados y que no ponen en peligro la estabilidad de la estructura.

DAÑOS SEVEROS

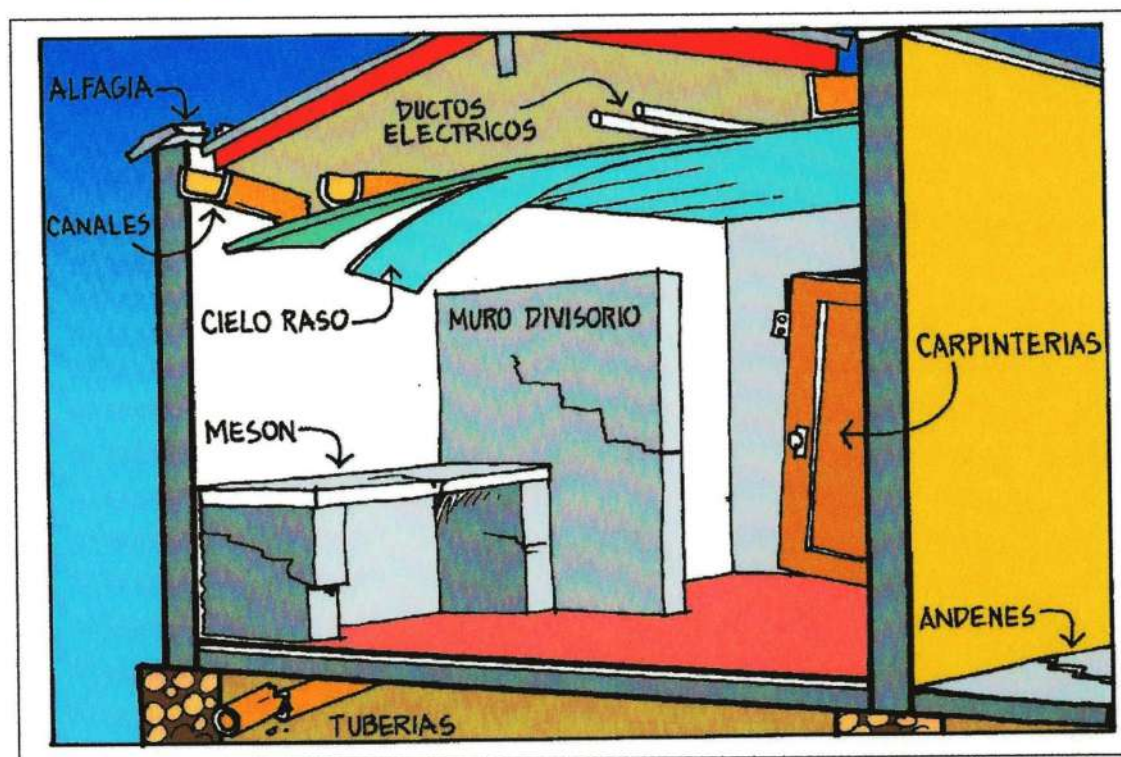


Cuando se presentan varios daños moderados que ponen en peligro la estabilidad de una parte de la estructura

O

Cuando se presentan daños severos en forma generalizada en la vivienda.

ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES TÍPICOS DE UNA VIVIENDA SUSCEPTIBLES DE SUFRIR DAÑO



DAÑOS EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Los daños que se presentan en elementos NO ESTRUCTURALES, por lo general no implican peligro para la estabilidad global de la vivienda y por lo tanto NO deben incluirse en la evaluación global del daño.

Los daños en elementos NO ESTRUCTURALES deben someterse a reparación tratando de minimizar la vulnerabilidad de los mismos. Estos daños SI pueden poner en peligro la vida de los ocupantes de la vivienda.

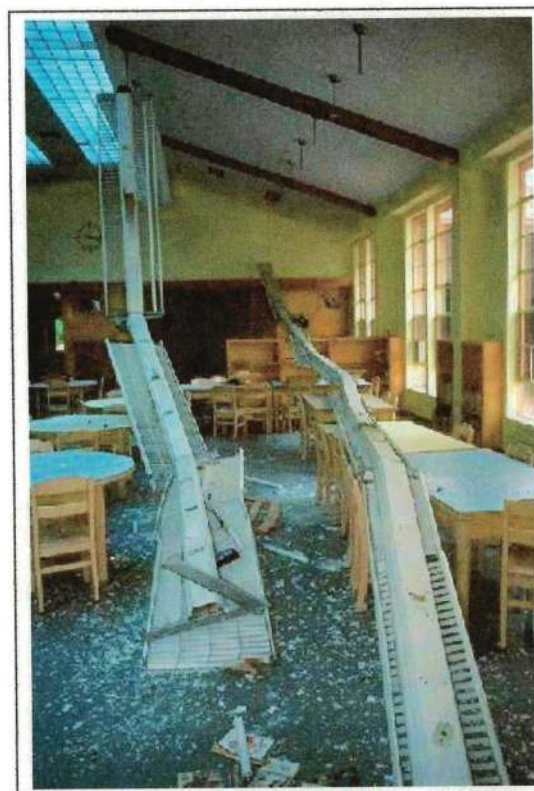
Ejemplos típicos de daño en elementos No estructurales



Daño en cielo raso



Daños en escaleras



Desconexión de conectores o fijadores de lámparas



Daños en parapetos de ladrillo no reforzado



Daños en muebles y equipos

CAPÍTULO IV REHABILITACIÓN DE LAS VIVIENDAS

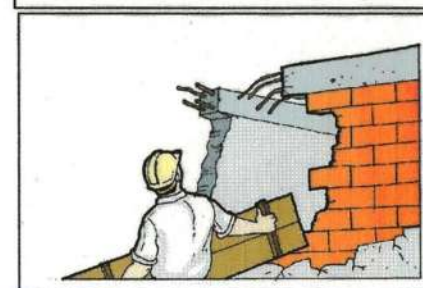
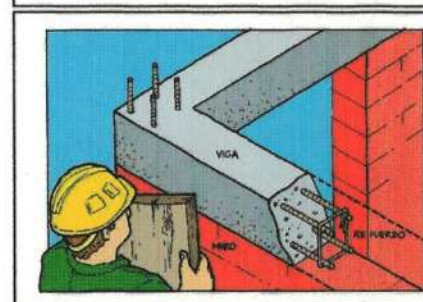
QUE ES REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS?

La rehabilitación de viviendas incluye para efectos del presente Manual las siguientes actividades:

A. REPARACIONES: obras que se realizan en una vivienda con el fin de restaurar su capacidad de carga original, ante afectaciones de la misma por cuenta de un terremoto o cualquier otro efecto.

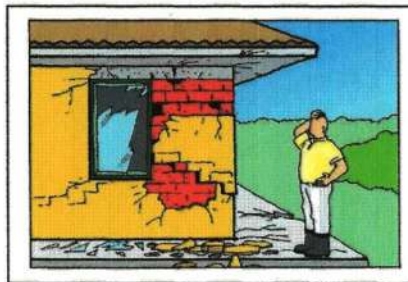
B. REFORZAMIENTO: obras que se realizan en una vivienda con el fin de darle mayor capacidad de carga a la misma, sin que necesariamente ésta presente daños causados por terremotos u otros efectos.

C. RECONSTRUCCIÓN: obras que se realizan a una vivienda con el fin de reconstituir partes gravemente afectadas de la misma ya sea por causa de un terremoto o por cualquier otro efecto y que pretende proporcionarle a la vivienda una capacidad de carga igual o superior a la que tenía originalmente.

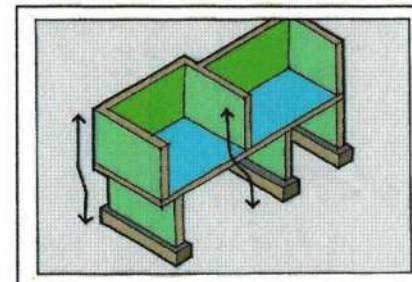


CUÁNDO SE REQUIERE REHABILITAR UNA VIVIENDA?

Es necesario rehabilitar una vivienda cuando esta presente algún tipo de daño estructural de consideración producido por un terremoto o cualquier otro efecto o cuando esta tenga deficiencias constructivas evidentes que puedan poner en peligro la seguridad de la misma



DAÑO
(por ejemplo : Agrietamientos)



DEFICIENCIA CONSTRUCTIVA
(Por ejemplo: falta de continuidad)

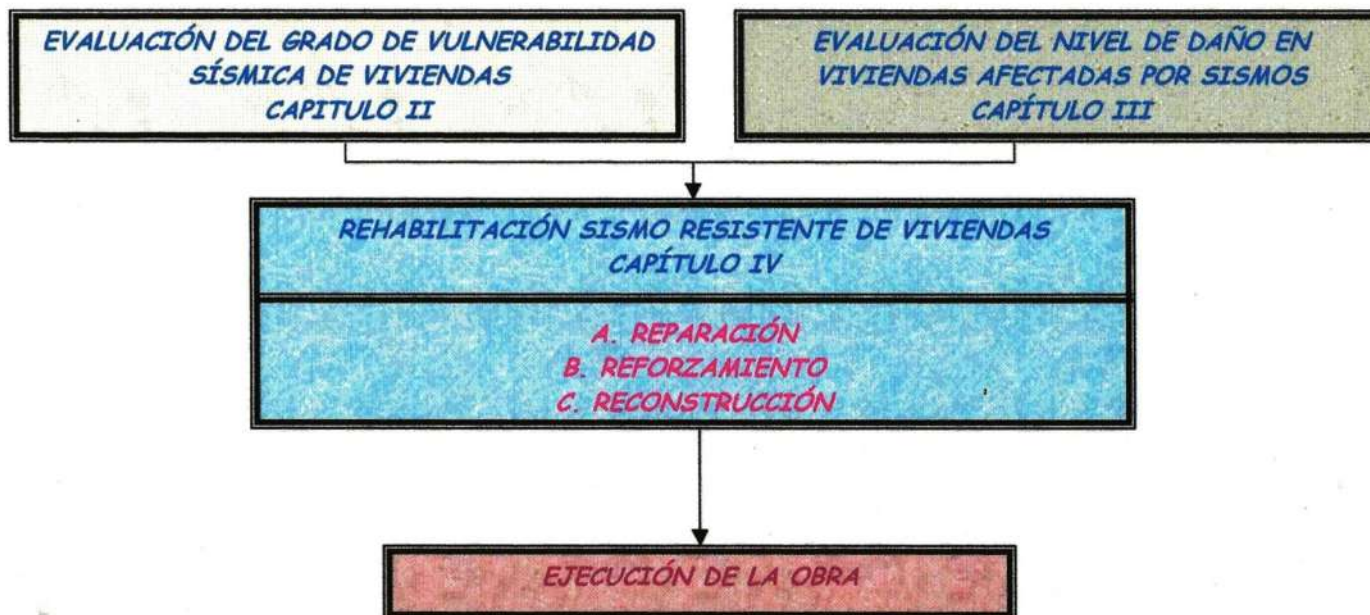
Si la edificación está en buen estado, no evidencia daños de consideración y no presenta deficiencias constructivas evidentes o si fue sometida a un sismo intenso y no sufrió daños de consideración



**" NO ES NECESARIA LA
REHABILITACIÓN DE LA VIVIENDA"**



PROCEDIMIENTO PARA DEFINIR EL GRADO DE INTERVENCIÓN PARA REHABILITACIÓN



CÓMO SE REHABILITA UNA VIVIENDA?

La rehabilitación de viviendas incluye actividades relacionadas con reparación, reforzamiento y reconstrucción. El grado de intervención debe definirse de acuerdo con el daño presente y la vulnerabilidad de la vivienda según la siguiente tabla. A su vez, el nivel de daño y el grado de vulnerabilidad se clasifican de acuerdo con las indicaciones dadas en los capítulos II y III de este manual.

		DAÑO		
		Leve	Moderado	Severo
VULNERABILIDAD	Baja	Intervención Menor: Reparaciones cosméticas		
	Media	Reforzamiento moderado	Reparación Estructural + Reforzamiento	
	Alta	Reforzamiento	Reforzamiento + Reconstrucción	Reconstrucción

 Si la vivienda presenta daños moderados y/o severos debe clasificarse automáticamente como de vulnerabilidad media o alta según sea el caso

El nivel de intervención que debe aplicarse en los casos recomendados depende del grado de vulnerabilidad y del nivel de daño asignado.

INDICACIONES REFERENTES AL GRADO DE VULNERABILIDAD

		INTERVENCIÓN
ASPECTOS GEOMÉTRICOS	IRREGULARIDAD EN PLANTA DE LA EDIFICACIÓN	♦ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado. ♦ Confinamiento de aberturas. ♦ Reemplazo de muros No estructurales o muros con aberturas por muros estructurales.
	CANTIDAD DE MUROS EN LAS DOS DIRECCIONES	♦ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado. ♦ Reemplazo de muros No estructurales o muros con aberturas por muros estructurales.
	IRREGULARIDAD EN ALTURA	♦ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado. ♦ Reemplazo de muros No estructurales o muros con aberturas por muros estructurales.
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	CALIDAD DE LAS JUNTAS EN LAS PEGAS DE MORTERO	♦ Revestimiento estructural en concreto reforzado. ♦ Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.
	TIPO Y DISPOSICIÓN DE LOS LADRILLOS	♦ Revestimiento estructural en concreto reforzado. ♦ Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.
	CALIDAD DE LOS MATERIALES	♦ Revestimiento estructural en concreto reforzado. ♦ Reemplazo de muros No estructurales o muros con aberturas por muros estructurales. ♦ Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.

ASPECTOS ESTRUCTURALES		INTERVENCIÓN
	MUROS CONFINADOS Y REFORZADOS	♦ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado. ♦ Revestimiento estructural en concreto reforzado. ♦ Confinamiento de aberturas.
	DETALLES DE COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO	♦ Revestimiento estructural en concreto reforzado. ♦ Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.
	VIGAS DE AMARRE O CORONA	♦ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado. ♦ Revestimiento estructural en concreto reforzado. ♦ Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.
	CARACTERÍSTICAS DE LAS ABERTURAS	♦ Confinamiento de aberturas.
	ENTREPISO	♦ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado. Nota: Se debe verificar el confinamiento y se debe evaluar la posibilidad de construir una torta (plaqueta) en concreto reforzado para todo el entrepiso. Se debe estudiar la posibilidad de reparar el entrepiso según la medida de reparación A.9 (Reemplazo de elementos de entrepiso y/o cubierta de madera)
	AMARRE DE CUBIERTAS	♦ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado. Nota: Se debe verificar el confinamiento y se debe evaluar la posibilidad de construir una torta (plaqueta) en concreto reforzado para todo el entrepiso. Se debe estudiar la posibilidad de reparar el entrepiso según la medida de reparación A.9 (Reemplazo de elementos de entrepiso y/o cubierta de madera)

	INTERVENCIÓN
CIMENTACIÓN	♦ Refuerzo de la cimentación
SUELOS	♦ Se debe revisar la cimentación. En el caso de que la vulnerabilidad sea alta y se presenten daños , estos deben repararse.
ENTORNO	♦ Se debe revisar la cimentación ♦ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado. ♦ Refuerzo de la cimentación <u>Nota:</u> en caso críticos se debe estudiar la posibilidad de reubicación de la vivienda.

INDICACIONES REFERENTES AL NIVEL DE DAÑO

NIVEL DE DAÑO	INTERVENCIÓN	OBSERVACIONES
LEVE	Requiere Intervención menor - Reparaciones cosméticas: ♦ Pañete ♦ Reparación de juntas de mortero ♦ Inyección de grietas con epóxico	Si clasifica simultáneamente con vulnerabilidad media o alta deben seguirse las indicaciones referentes al grado de vulnerabilidad.
MODERADO	Requiere en general proceso de reconstrucción (Capítulo 1). Eventualmente pueden aplicarse medidas de reforzamiento tales como: ♦ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado. ♦ Revestimiento estructural en concreto reforzado ♦ Confinamiento de aberturas ♦ Reemplazo de muros No estructurales o muros con aberturas por muros estructurales ♦ Costura de grietas con barras de refuerzo ♦ Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.	Dado el nivel de daño la vivienda clasifica automáticamente como de alto grado de vulnerabilidad.
SEVERO	Requiere reparaciones estructurales según el tipo de daño observado. Se pueden ejecutar medidas tales como: ♦ Inyección de grietas ♦ Roturas y estilladuras del material ♦ Reemplazo de barras de refuerzo ♦ Reemplazo de muros ♦ Reparación de elementos de confinamiento de concreto reforzado ♦ Reemplazo de elementos de entrepiso y/o cubierta de madera	Dado el nivel de daño de la vivienda esta puede requerir procesos de reforzamiento o reconstrucción.

A. REPARACIÓN DE VIVIENDAS

La *reparación de viviendas* afectadas consiste en la realización de obras con el fin de restaurar su capacidad de carga original, ante afectaciones de la misma por cuenta de un terremoto o cualquier otro efecto. La reparación de viviendas puede ir acompañada de un reforzamiento. Las reparaciones se realizan en función directa de los daños que presente la edificación y no dependen en general de la vulnerabilidad de la misma. A continuación se detallan las reparaciones más frecuentemente que se realizan en viviendas.

Reparaciones cosméticas

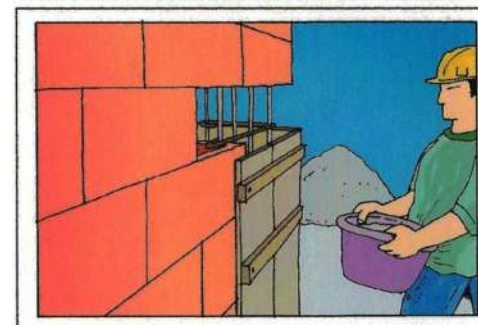
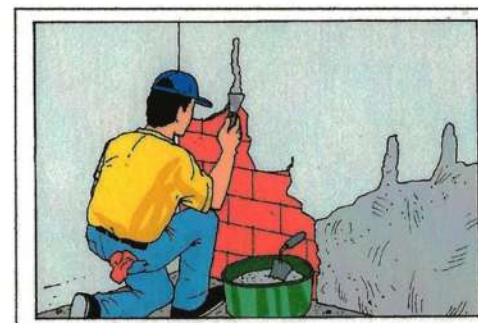
Son aquellas reparaciones que mejoran la apariencia visual del daño. Estas reparaciones pueden mejorar propiedades no estructurales de los componentes, tales como la protección a la humedad. Este tipo de reparación contempla:

- A.1 - Pañete
- A.2 - Reparación de juntas de mortero
- A.3 - Inyección de grietas con epóxicos

Reparaciones estructurales

Por medio de ella se intenta mejorar las propiedades estructurales. Las técnicas de reparación estructural mas usuales son:

- A.4 - Inyección de grietas
- A.5 - Roturas y estilladuras del material
- A.6 - Reemplazo de barras de refuerzo
- A.7 - Reemplazo de muros
- A.8 - Reparación de elementos de confinamiento de concreto reforzado
- A.9 - Reemplazo de elementos de entrepiso y/o cubierta de madera



A.1 REPARACIÓN COSMÉTICA: PAÑETE

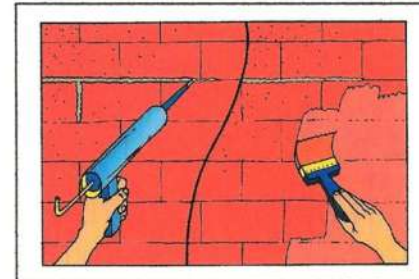
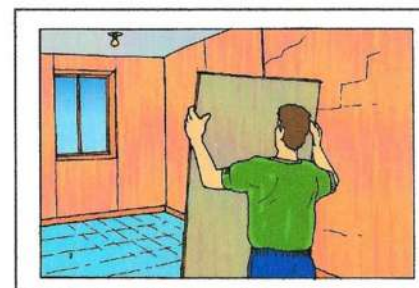
DESCRIPCION

Una reparación cosmética consiste en aplicar una capa de cualquier material de reparación sobre la superficie de concreto, mortero o unidades de mampostería para ocultar la proyección de las grietas sobre la superficie. El propósito del recubrimiento es mejorar la apariencia estética del muro o proveer una barrera adicional contra infiltración de agua dentro del muro. La reparación o instalación de recubrimientos arquitectónicos es otro método de parcheo cosmético.

MATERIALES DE REPARACION

Varios materiales pueden ser usados para cubrir la superficie de un muro. La búsqueda de los materiales de reparación dependerá de los requerimientos funcionales y arquitectónicos. Algunos ejemplos de materiales son:

- Pintura, que puede ser utilizada para disimular grietas finas en la superficie del concreto y muros o elementos de mampostería reforzada.
- Papeles, para el recubrimiento de paredes como por ejemplo el papel tapiz que puede ser usados en superficies interiores de concreto o pañete
- Compuestos de muros cartón - yeso , que pueden ser usados para llenar grietas o superficies interiores antes de pintar o cubrir muros
- Materiales de polímeros orgánicos, que pueden ser usados para rellenar grietas en las superficies de mampostería reforzada, de concreto o de pañete, ya sea exterior o interior.
- Capas o tapaporos, que pueden ser usadas para grietas en superficies exteriores para reducir la penetración del agua en el concreto, mampostería reforzada y muros de mampostería no reforzada.
- Estuco

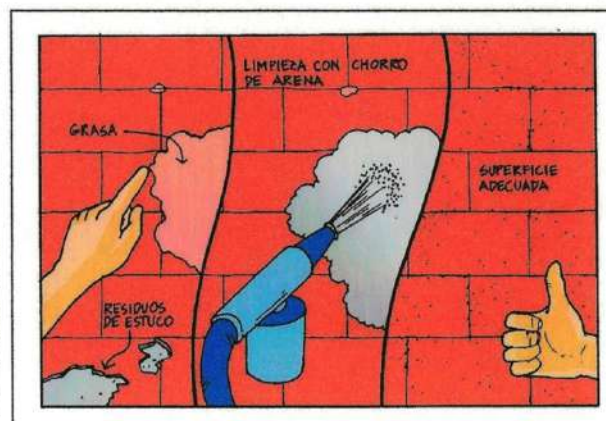


EQUIPO

El equipo requerido para aplicar los materiales de reparación son herramientas, tales como cincel y maceta; gratas metálicas; equipos de mezcla y atomizadores

EJECUCION

Las superficies a recibir la cubierta deben estar adecuadamente preparadas para asegurar la adherencia entre el nuevo material y el ya existente. Para pintura o aplicación de recubrimientos, la superficie del muro debe estar limpia y libre de materiales sueltos. Recubrimientos superficies tales como yeso o recubrimientos resistentes al agua deben aplicarse sobre superficies previamente tratadas con un chorro suave de arena o grata metálica para remover la cubierta existente y proveer una superficie rugosa que garantice una buena adherencia con el nuevo material a aplicar.



CONTROL DE CALIDAD

La calidad de las pinturas, recubrimientos o membranas expuestas a humedad debe verificarse de manera que se garantice la adhesión a la superficie existente.

LIMITACIONES

Los recubrimientos de superficies pueden ser efectivos para prevenir la intrusión del agua a través de las grietas en muros exteriores. Sin embargo estos materiales son solamente apropiados si la grieta es inactiva. Las grietas causadas



por sismos son típicamente inactivas de ahí que ellas no cambien de ancho en el tiempo. Si las grietas fueron causadas por contracción, movimientos por temperatura u otras razones este tratamiento no será efectivo. Por lo tanto se debe estar seguro que la grieta fue causada por un evento aislado.

El estuco puede ser aplicado directamente a la superficie de concreto, mortero o mampostería. El muro existente es rígido y la nueva cubierta de estuco exhibirá contracción, por lo cual es probable la aparición de grietas por contracción en el estuco. Se debe garantizar una adecuada adherencia del estuco a la superficie del muro.



A.2 REPARACIÓN COSMÉTICA: REPARACIÓN DE JUNTAS DE MORTERO

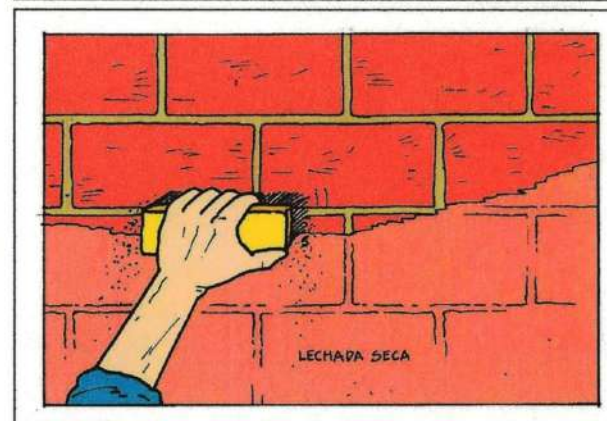
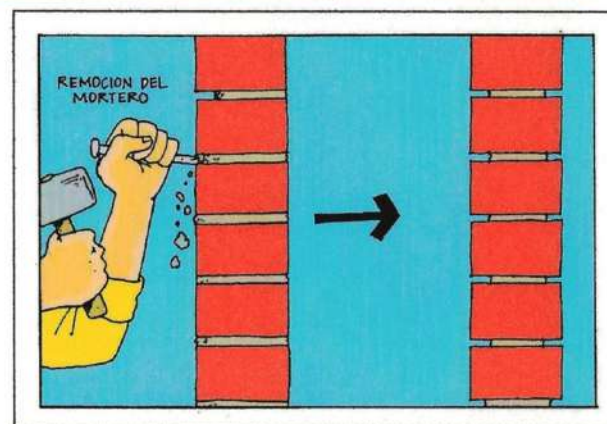
DESCRIPCIÓN

La reparación de juntas de mortero incluye el proceso de remover mortero deteriorado de las juntas de los muros de mampostería y reemplazarlo con un nuevo mortero. Este proceso se requiere para reparar juntas de mortero dañadas por terremoto o deterioradas por cualquier otra causa. Aplicado correctamente la reparación de juntas de mortero da un buen aspecto a la mampostería. Realizado inapropiadamente este trabajo, puede causar daños físicos a la mampostería.

El proceso implica retirar el mortero superficial de las juntas para luego aplicar una delgada capa de mortero sobre todas las unidades de mampostería y de las juntas. Cuando el mortero esté seco se cepillan las unidades de mampostería. La técnica tiene una expectativa de vida de unos pocos años. Esta técnica no es un sustituto para el proceso de remoción y nunca debe ser usado en construcciones históricas

MATERIALES DE REPARACIÓN

- El nuevo mortero debe ser igual al mortero existente en cuanto a color, textura, y apariencia se refiere. La mejor manera para lograr esto es utilizando la misma arena original o una de similar color, tamaño y forma de los granos a la usada en el mortero original.
- Los materiales del mortero deben ser: cal; arena de color, tamaño y textura igual a la original; agua limpia y libre de cantidades significativas de ácidos, álcalis, o material orgánico.



EQUIPO

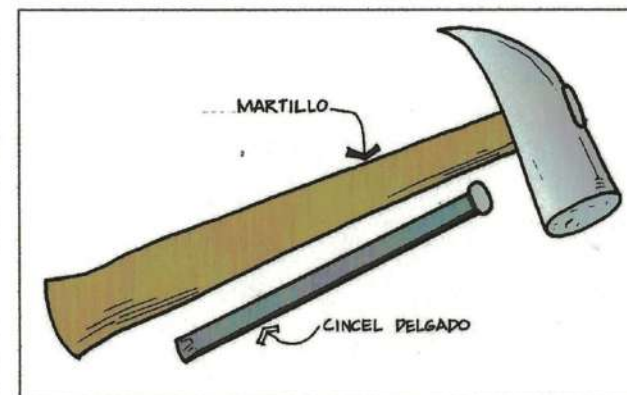
En general el mortero viejo debe ser removido usando cincel y maceta. Sierras mecánicas eléctricas no deben utilizarse ya que pueden afectar las unidades de mampostería adyacentes. Una herramienta talladora neumática puede ser usada exitosamente por albañiles experimentados para remover mortero viejo. Se deberá calibrar cuidadosamente la energía aplicada para no afectar negativamente las pegas entre mortero y mampostería.

EJECUCIÓN

El constructor debe demostrar la eficacia del métodos de remoción propuesto sobre un panel de ensayo en un área desapercibida de la construcción que incluya todos los tipos de mampostería a reparar.

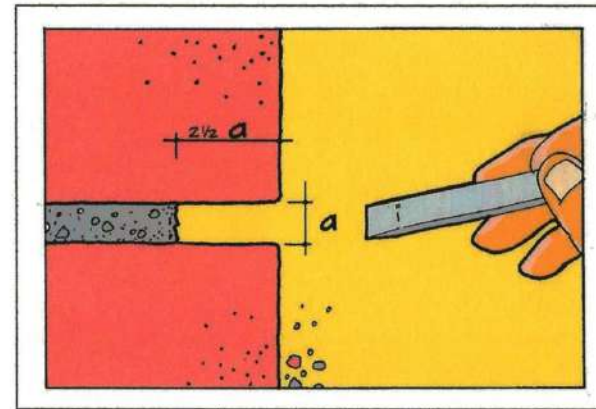
La junta se prepara removiendo el mortero a una profundidad de 2 1/2 veces el ancho de la junta. En la mayoría de los casos la profundidad varía entre 1.2 cm y 2.54 cm. Se debe tener cuidado de no dañar las unidades de mampostería adyacentes. El material suelto en las juntas debe ser removido con un cepillo y la junta debe ser lavada con agua corriente a presión. El nuevo mortero debe prepararse midiendo todos los componentes secos y mezclándolos hasta obtener una mezcla homogénea. Luego se agrega el agua a la mezcla hasta proporcionar la consistencia adecuada al mortero de reparación.

Las juntas deben prehumedecerse sin que excedan excesos de agua. Enseguida se coloca la nueva junta de mortero tratando de igualar a las juntas existentes. Si se desea, una vez el mortero ha endurecido, se restriega con un cepillo para dar apariencia de erosionado. Se remueve el exceso de mortero de las unidades adyacentes usando un cepillo de cerdas metálicas.



CONTROL DE CALIDAD

- Debe asegurarse que solamente las uniones deterioradas o dañadas están siendo removidas.
- Se requieren muestras de mortero removido para verificar que el nuevo mortero es similar al original.
- Se requieren paneles de ensayo para verificar la calidad del trabajo y conservarlos para comparación una vez avance el fraguado y el muro se seque.
- Deben inspeccionarse las juntas después de la preparación para verificar qué cantidad de mortero viejo tiene que ser removido.
- Debe asegurarse que las juntas están humedecidas antes de la aplicación del nuevo mortero.
- Debe asegurarse que las juntas están siendo fabricadas para igualar la apariencia original. A menudo las esquinas de las unidades de mampostería están desgastadas y si las juntas están completamente llenas en la superficie, las uniones serán mas anchas que las originales afectando con esto la apariencia final del muro reparado.
- Si las esquinas de las unidades de mampostería están resquebrajadas o desgastadas, será necesario rebajar levemente el mortero en la junta para lograr la apariencia original



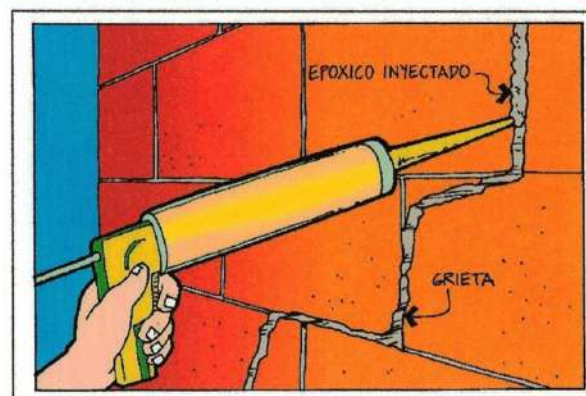
LIMITACIONES

El propietario, el consultor y el constructor deben considerar que la remoción puede ser una reparación costosa y demorada, aunque en muchos casos esta puede ser duradera.

A.3 REPARACIÓN COSMÉTICA: INYECCIÓN DE GRIETAS CON EPÓXICOS

DESCRIPCIÓN

La inyección de grietas consiste en aplicar un agente de fijación estructural dentro de la grieta con el propósito de llenarla y mejorar la adherencia entre las piezas de mampostería. Varios tipos de materiales y métodos pueden ser utilizados para la inyección de la grieta dependiendo de los requerimientos. Para muros de mampostería reforzada, típicamente el epóxico es inyectado a presión dentro de las grietas. Para muros de mampostería de piezas huecas la inyección debe realizarse a muy baja presión, apenas la requerida para llenar la junta de pega.

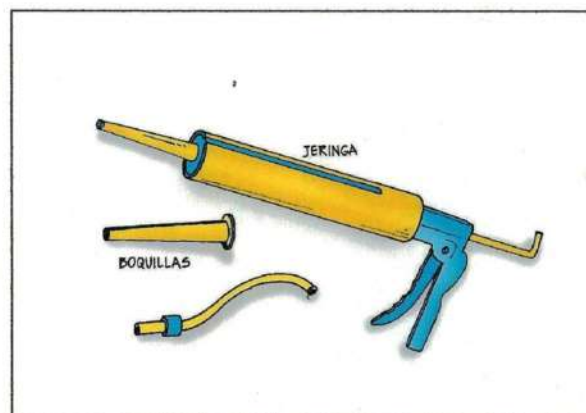


MATERIALES DE REPARACIÓN

El principal componente es el epóxico de bajo grado de viscosidad. Otros materiales tales como rellenos cementosos y uretanos pueden también ser usados para fijación estructural.

EQUIPOS

- Máquina de inyección a presión con boquillas capaces de inyectar con presiones de hasta 300 psi
- Equipo para monitorear presión y mezcla

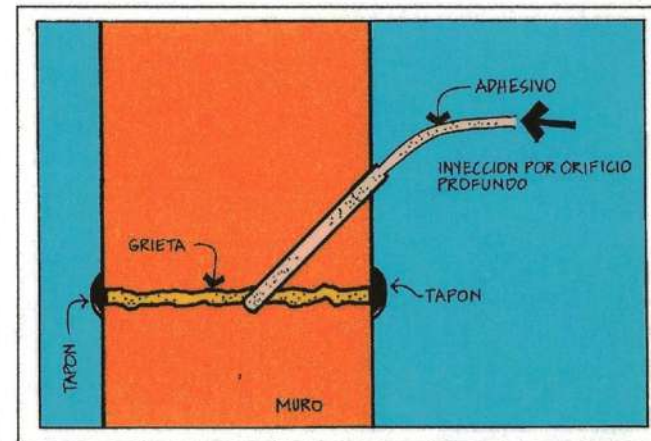


EJECUCIÓN

Antes de utilizar la inyección, debe removerse en su totalidad el material defectuoso a lo largo de la grieta. Las grietas pueden inyectarse a través de puntos ubicados en la superficie del muro. Los puntos de inyección se localizan a lo largo de la longitud de la grieta y deben estar espaciados a una distancia aproximadamente igual al espesor del muro, dependiendo de la viscosidad del material de inyección y de las recomendaciones del fabricante.

Cuando se requieren reparaciones que abarquen todo el espesor del muro, se recomienda sellar ambas superficies del muro a lo largo de la grieta. Cuando la inyección epóxica es para propósitos cosméticos, la grieta solo se sella del lado de la inyección. Antes de iniciar el proceso de inyección debe bombearse epóxico hasta que la mezcla sea completamente uniforme. El epóxico inicial bombeado debe eliminarse. Las grietas se inyectan comenzando en la parte superior de las grietas verticales y diagonales, cambiando al próximo punto de inyección una vez el epóxico aparece en dicha ubicación.

Pueden utilizarse sistemas de inyección múltiple simultánea. Los puertos inyectados deben sellarse inmediatamente terminado el proceso. Si es necesario, puede limpiarse la superficie suavemente para remover y dispersar el sellante en exceso, luego de haberlo colocado. La limpieza no se debe comenzar hasta que el epóxico halla curado.



CONTROL DE CALIDAD

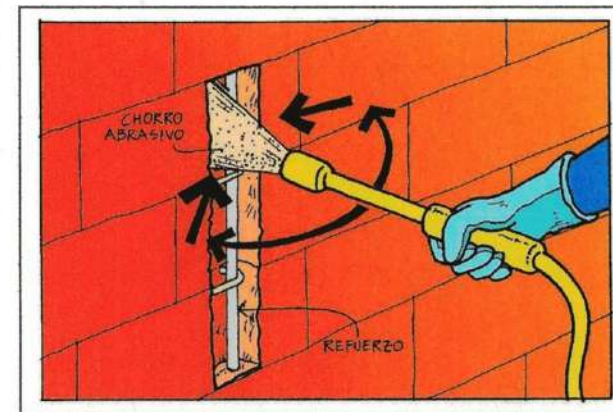
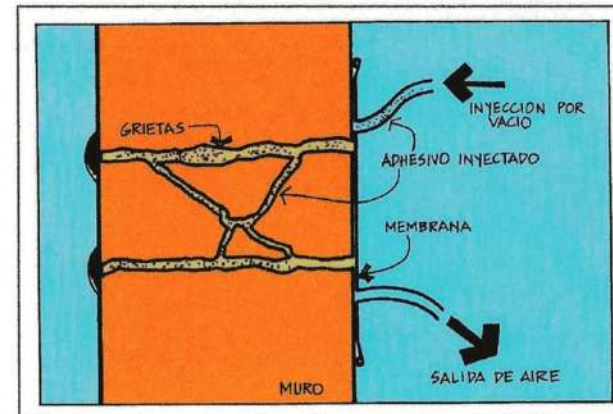
Se debe contar con personal especializado en la inyección de grietas. El equipo de mezcla debe evaluarse y probarse antes de iniciar el trabajo. Las muestras deben prepararse y ensayarse para observar la consistencia del epóxico y la adherencia con la mampostería existente. Las proporciones de la mezcla deben verificarse al menos dos veces por día durante el trabajo de aplicación del epóxico, con el fin de garantizar que la mezcla está entre las tolerancias dadas por el fabricante. Las pruebas deben realizarse a presiones similares a las que se va a realizar el trabajo.

La efectividad en la inyección de las grietas puede confirmarse por diferentes métodos. Sin embargo, en general estos métodos ensayan únicamente el grado de la penetración del epóxico dentro de las grietas y no verifican la adecuada unión del epóxico a la mampostería existente. En algunos casos pueden extraerse núcleos que atraviesen las grietas después de inyectadas para verificar visualmente que el epóxico efectivamente ha penetrado en las grietas. Típicamente se especifican núcleos de 5 cm de diámetro. El espaciamiento entre los núcleos debe estar entre 15 m y 30 m.

También pueden utilizarse métodos de evaluación no destructivos para verificar la efectividad de la penetración del epóxico.

LIMITACIONES

La humedad en la superficie de la grieta puede afectar la unión entre el epóxico y las caras de la grieta. Si las grietas tienen contaminantes, se deben remover tanto el contaminante como la humedad ya que ellas disminuyen la adherencia final.

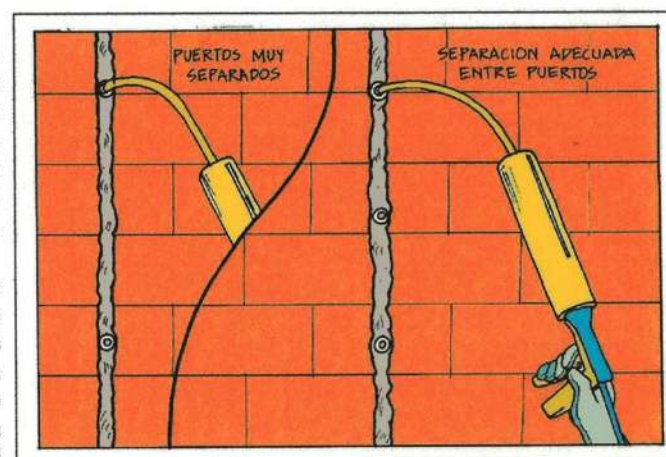


Epóxicos de baja viscosidad no serán efectivos para grietas con anchos superiores a 0.30 cm. Para anchos mayores a 0.30 cm, se recomienda la utilización de un epóxico de mediana viscosidad.

Para grietas superficiales con anchos mayores a 0.60 cm se recomienda utilizar pastas epóxicas o gel. Para grietas de mayor espesor en la superficie puede utilizarse una pasta epóxica en la superficie misma de la grieta y un epóxico de baja viscosidad en la parte interna de la grieta. Las inyecciones epóxicas pueden también restaurar la adherencia de las barras de refuerzo. Para lograr una buena adherencia, el epóxico debe penetrar a lo largo de la superficie de la barra de refuerzo y rodearla completamente.

El operador debe controlar la cantidad de epóxico a inyectar, relacionando los espacios vacíos y la distancia entre puntos de inyección. En primera instancia se debe controlar la cantidad de epóxico a inyectar. La inyección debe interrumpirse si la cantidad requerida excede 50% por encima de la cantidad estimada inicialmente. Esto es particularmente importante cuando la inyección se realiza en muros de mampostería con piezas huecas. Una cantidad excesiva de epóxico inyectado indica que el epóxico se está saliendo de la grieta, de la junta o de las celdas huecas de la mampostería. Si los puntos de inyección están muy espaciados, el epóxico se puede endurecer antes de alcanzar el punto adyacente. Contrariamente, si los puntos están muy poco espaciados entre sí, el epóxico puede no alcanzar el espesor total del muro antes de aflorar por el punto adyacente.

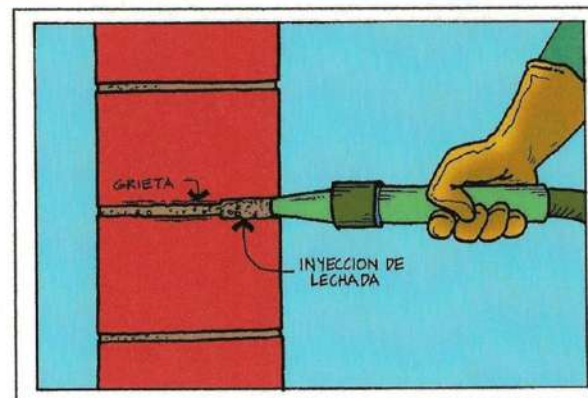
El operador debe tratar de optimizar el espaciamiento entre puntos de inyección.



A.4 REPARACIÓN ESTRUCTURAL: INYECCIÓN DE GRIETAS CON LECHADA DE CEMENTO

DESCRIPCIÓN

Las grietas a lo largo de las juntas de mortero en muros de mampostería no reforzada o mampostería confinada que presenten desplazamientos horizontales en el plano del muro, pueden repararse mediante inyección de lechadas dentro de la grieta. El relleno llena la grieta con material que se adhiere a la mampostería. La lechada rellena el espacio de la grieta adhiriéndose a la mampostería, a la vez que llena los vacíos en el muro tal como en el cuello de la junta. Si la adherencia del relleno es al menos igual a la adherencia del mortero original, el muro reparado tendrá la misma o mayor resistencia y rigidez que el muro original antes de la ocurrencia del daño.



MATERIAL DE REPARACIÓN

El material usado para inyectar es la "lechada". La lechada está compuesta de arena, cemento, cal y ceniza muy finas. Es recomendable verificar la calidad de los materiales y las proporciones de mezcla en una reparación de prueba antes de extender el proceso a toda una obra.

EQUIPO

Se requiere un equipo de mezcla y bombeo, un sistema de monitoreo y de presión. Puede requerirse un equipo adicional dependiendo de las condiciones



locales. Un taladro rotatorio con boquillas de vacío es útil para impedir la acumulación de polvo y finos en el hueco.

EJECUCIÓN

Los muros se preparan removiendo el mortero suelto de las juntas fisuradas. Las grietas se lavan con agua y se llenan con mortero prehidratado, el cual se coloca para uniformizar todas las grietas y juntas a reparar. Los ladrillos sueltos deben retirarse y colocarse nuevamente con mortero.

Los huecos de inyección deben taladrarse en la parte superior de las juntas en ladrillos rotos a través del propio muro en cada una de las hiladas de la zona a inyectar. La lechada se mezcla y se bombea dentro de los agujeros. Las presiones típicas a aplicar son de 10 a 30 psi. La inyección debe comenzar en la parte de abajo y trabajarse hacia arriba. La lechada debe inyectarse en un puerto dado hasta que esta fluya por los agujeros adyacentes. Todos los huecos a lo largo de la junta horizontal deben inyectarse antes de continuar el proceso en la junta de mortero siguiente.

Una vez terminada la inyección de lechada se procede a resanar los huecos con mortero.

CONTROL DE CALIDAD

El proceso de inyección de lechada debe adelantarse con personal calificado. Debe verificarse la calidad de los materiales, la dosificación, la presión de inyección, la cantidad de lechada inyectada y el terminado final.

Antes de inyectar la lechada, se debe verificar la profundidad de los huecos de inyección. Durante la inyección la mezcla de la lechada y la presión de inyección debe ser continuamente monitoreada conforme a las especificaciones. Se debe verificar que la lechada está llenando los vacíos. Después de la inyección, deben tomarse núcleos para realizar una inspección visual y garantizar que la lechada llena todos los vacíos.

LIMITACIONES

Este procedimiento es efectivo en general para grietas entre aproximadamente 0.01 a 1.9 cm de ancho. Resinas epóxicas no se recomiendan para inyección dentro de mampostería ya que las propiedades del epóxico no son en general compatibles con las de la mampostería. Mezclas superplastificantes, pueden mejorar significativamente la fluidez de la lechada con lo cual se puede mejorar la calidad de la inyección.

Debe tenerse en cuenta que la inyección de grietas con lechada puede no restaurar todos los esfuerzos de compresión de la mampostería dado que la lechada no necesariamente penetra en todas las microgrietas.

El incremento de la presión de bombeo no es efectiva para aumentar de la distancia de acción de la lechada desde el punto de inyección. Para aumentar el radio de acción de la lechada se puede aumentar la fluidez de la mezcla.

A.5 REPARACIÓN ESTRUCTURAL: ROTURAS O ESTILLADURAS DE MATERIAL

DESCRIPCIÓN

Roturas o estilladuras son pequeñas secciones de muro o elementos estructurales que se sueltan o se desplazan. Las roturas o estilladuras pueden ocurrir en muros o elementos de concreto y de mampostería. La pérdida de material puede reemplazarse con un parcheo adecuado. El material de parcheo debe tener propiedades térmicas y estructurales similares a las del material existente. Los materiales y procedimientos para el parcheo dependerán del tamaño y localización de las roturas o estilladuras y del material del muro. Aquellos procedimientos para reparación de roturas y estilladuras pueden ser usados para concreto, mampostería reforzada, paneles y muros de mampostería no reforzada.

MATERIALES DE REPARACIÓN

En general para muros de mampostería reforzada se puede utilizar como material de reparación un mortero de cemento adicionado en algunos casos con materiales inorgánicos (concreto modificado con látex) o materiales orgánicos (epóxicos y poliéster). La mezcla de mortero incluirá en general arena y gravilla. Para reparaciones de mayor alcance, se podrá considerar la utilización de anclajes mecánicos con epóxico embebido, para garantizar el monolitismo de la reparación.



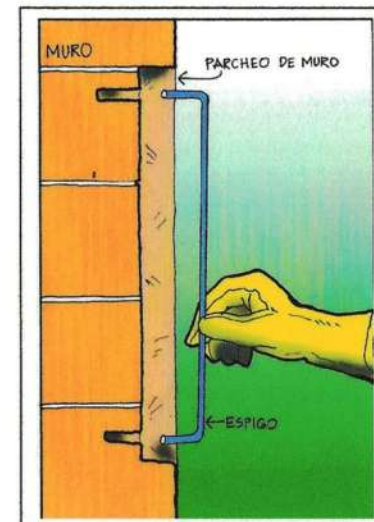
EQUIPO

Maceta cincel y esmeril o sierras de concreto, herramientas de mezcla y colocación

EJECUCIÓN

En muros o elementos de mampostería reforzada o de concreto se debe remover el material suelto con maceta-cincel hasta que quede expuesto el material sano. Si las barras de refuerzo están significativamente expuestas, el concreto o la lechada deben removerse para proveer suficiente espacio alrededor de las barras y obtener así una buena adherencia. El borde de la sección retirada debe cortarse con una sierra o esmeril para crear un borde aproximadamente perpendicular a la superficie original.

Roturas y estilladuras poco profundas son aquellas que tienen menos de 2.0 cm de profundidad. Para grandes parcheos, se deben colocar espigos de acero anclados con un epóxico al material sano y colocarlos de manera distribuida en la zona del parcheo. El material sano debe limpiarse y picarse para lograr una superficie adherente. En dicho caso no es necesaria la adición de agentes adherentes en la superficie. La superficie del mortero aplicado debe cepillarse con una escoba dura o con un cepillo. Posteriormente debe aplicarse un terminado con una llana metálica en forma ascendente. El terminado de la superficie debe ser tal que la apariencia sea lo mas similar posible a la del muro existente. El parcheo debe someterse a un curado equivalente al de un concreto estándar (Ver capítulo 1).



CONTROL DE CALIDAD

El constructor debe estar familiarizado con los procedimientos de reparación. El aspecto mas crítico es la adherencia del material al material sano. Especial atención debe darse a la adherencia la cual debe evaluarse y controlarse mediante algún método aprobado y mediante tramos de prueba.

LIMITACIONES

Cuando se realiza parcheo de roturas o estilladuras en muros de mampostería no reforzada y en muros de mampostería confinada, se puede dificultar obtener materiales de reparación que tengan propiedades similares a la mampostería. La reparación puede generar cambios en la apariencia del muro debido al parcheo. Además algunas reparaciones pueden incluir el reemplazo o adición de mampostería completas o seccionadas.

Los procedimientos de reparación planteadas son adecuados para estilladuras en concreto o mampostería reforzada de hasta 10.000 cm³ en volumen aproximadamente. Estilladuras de mayor cuantía en muros de mampostería confinada, reforzada y no reforzada exigen en general el reemplazo de unidades dañadas y técnicas especiales de reparación. En ciertos casos debe considerarse el trabajo como de reconstrucción (Ver Capítulo I del Manual).

La mayoría de los morteros de reparación experimentarían alguna contracción después del curado. Por lo tanto es probable que se desarrollen fisuras alrededor del parcheo. Si la apariencia de la fisura es inaceptable, puede utilizarse una mezcla de lechada de baja contracción para realizar reparaciones cosméticas varios días después de realizada la reparación.



A.6 REPARACIÓN ESTRUCTURAL: REEMPLAZO DE BARRAS DE REFUERZO

DESCRIPCIÓN

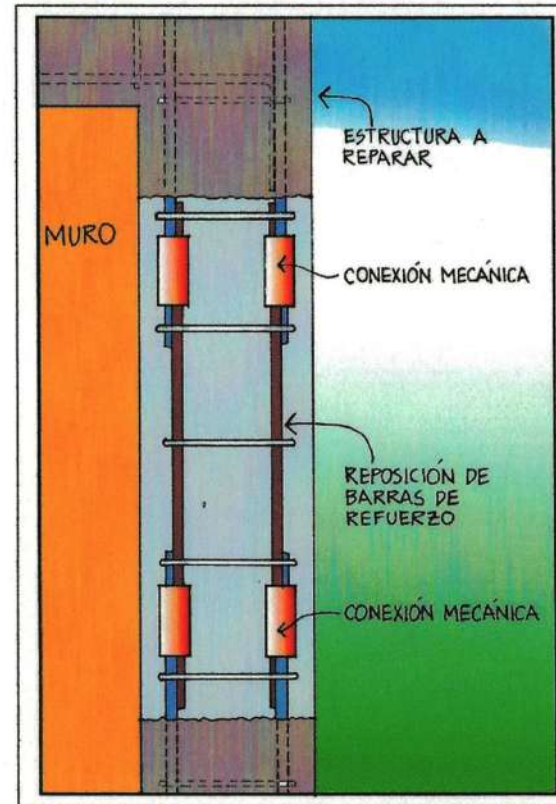
El reemplazo de barras de refuerzo afectadas como parte de los daños exige la disposición de nuevas zonas de traslapo para conectar el muro de refuerzo nuevo con los existentes. Ante las dificultades que esto genera se recomienda utilizar conexiones mecánicas

Las conexiones mecánicas son particularmente útiles para conectar nuevas barras a barras existentes embebidas en la mampostería o en una estructura de concreto. Son también útiles para reparar estructuras dañadas. Cuando han ocurrido fracturas en barras de refuerzo o cuando los empalmes de barras traslapadas convencionales presentan falla, es posible reparar la discontinuidad por medio de una conexión mecánica. Cuando se reparan ciertos tipos de daños, es necesario cortar la longitud dañada de la barra de refuerzo y reemplazarla con una nueva. En este caso se requieren dos conexiones mecánicas cuando esto sea posible.

No se acepta la utilización de soldaduras para reemplazar tramos de barras de acero afectadas.

MATERIALES DE REPARACIÓN

Los materiales requeridos para una conexión mecánica incluyen: el dispositivo de conexión y la barra de refuerzo. Algunas conexiones



mecánicas utilizan masillas como lechada de cemento o metal fundido provisto por el fabricante de las uniones.

Se debe seleccionar el tipo y configuración de conexiones mecánicas que garanticen una adecuada conexión entre las barras, que sea de fácil instalación y que esté disponible comercialmente.

EQUIPO

La mayoría de las conexiones pueden ensamblarse utilizando herramientas simples tales como llaves inglesas ordinarias, llaves inglesas calibradas y llaves de torque de no impacto.

Algunos dispositivos requieren un equipo especial tal como prensas hidráulicas. Los aparatos requeridos varían con el tipo de conexión. Debe consultarse al fabricante del dispositivo seleccionado para definir los requerimientos específicos para su instalación.

EJECUCIÓN

A menos que se requieran extremos roscados en las barras de refuerzo a ser conectadas, en general no son necesarias actividades diferentes al corte y limpieza de los extremos de las barras.

Las conexiones para barras embebidas en mampostería requieren en general un espacio significativo para lograr insertar los dispositivos de conexión, aunque este espacio es en general mucho menor que el

requerido para un traslapeo convencional. Una vez reemplazado el tramo de barra afectado y realizada la conexión se debe proceder a alinear la barra y sujetarla firmemente en su posición final antes de adelantar el parcheo final.

CONTROL DE CALIDAD

Previamente al ensamblaje final de la conexión, se debe verificar la longitud de la barra de refuerzo de conexión, la distancia requerida por los dispositivos de conexión y el alineamiento final de tramo reparado.

Se debe solicitar al fabricante los ensayos de laboratorio que soporten la calidad de los dispositivos de conexión tanto para ensayos de resistencia a la tensión como ensayos ante cargas cíclicas.

LIMITACIONES

Los dispositivos roscados generalmente no son adecuados para conexiones que involucren barras existentes embebidas en el concreto, debido a la dificultad que implica roscar las barras embebidas.

Algunos dispositivos especiales de conexión tienen restricciones de uso que deben consultarse.

A.7 REPARACIÓN ESTRUCTURAL: REEMPLAZO DE MUROS

DESCRIPCIÓN

El reemplazo de muros requiere la remoción y colocación de un nuevo muro. La remoción del muro afectado debe realizarse cuidadosamente de manera que se logren adaptar dovelas de empalme con el refuerzo existente para lograr continuidad con el nuevo refuerzo. La construcción del nuevo muro debe ser lo más similar posible a la construcción del muro existente.

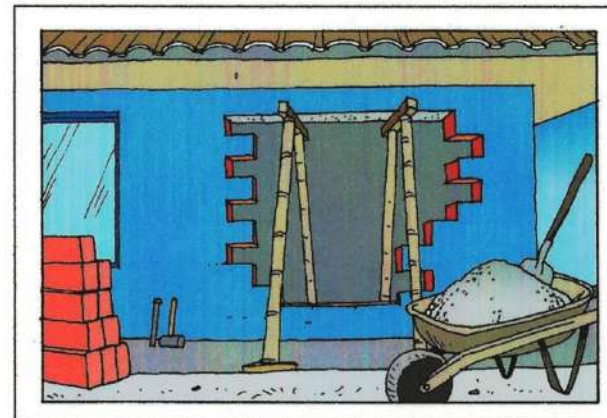
MATERIALES DE REPARACIÓN

En general se deben utilizar materiales de construcción lo más similares posibles a los materiales de construcción utilizados en el muro existente. Todos los materiales deben cumplir como mínimo los requisitos de calidad establecidos en el Capítulo I de este Manual.

EQUIPO

El equipo usado dependerá de la construcción del muro existente y de los métodos usados para instalar el nuevo muro. La siguiente es una lista de equipos que se pueden necesitar para remover y reemplazar muros:

- Cinceles y macetas para remoción del muro
- Cinceles delgados para preparar la superficie de la estructura que no se retira
- Equipo para mezcla y colocación del concreto, lechada o mortero.
- Seguetas para cortar el refuerzo del muro a retirar



EJECUCIÓN

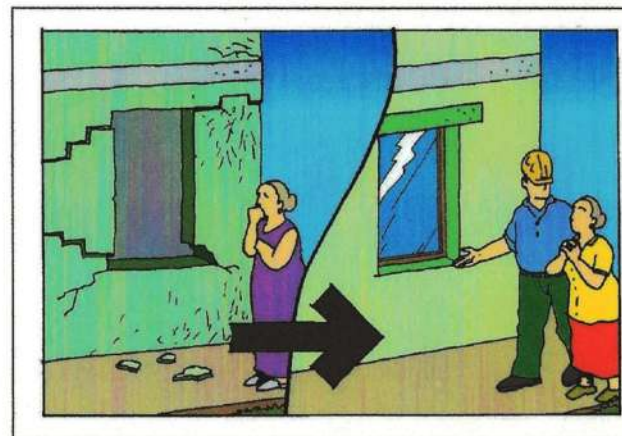
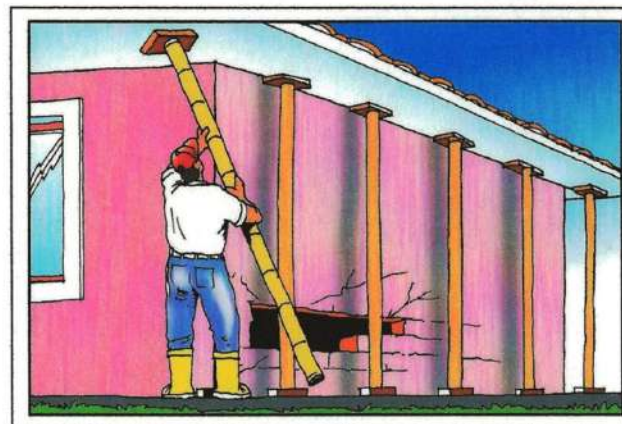
Si el muro existente es un muro de carga, se deben instalar puntales adyacentes al muro para soportar las cargas de gravedad mientras se retira el muro afectado. Alrededor del perímetro de la zona afectada se debe tener cuidado de minimizar los daños y evitar la afectación de las barras de refuerzo si las hay. Las superficies de material sano que permanecen deben prepararse para recibir el nuevo material. Para concreto y mampostería reforzada la superficie de la estructura debe picarse en amplitudes del orden de los 6 mm.

Las nuevas barras de refuerzo deben unirse a las barras existentes. Si se requieren nuevas barras de refuerzo para unir a la estructura existente, estas barras deben anclarse a la estructura existente colocándolas dentro de perforaciones con epóxico. La profundidad de la perforación debe ser suficiente para desarrollar la resistencia de la barra. Debe consultarse al fabricante del epóxico para determinar la profundidad adecuada de empotramiento y el procedimiento que se recomienda seguir.

El nuevo concreto puede ser concreto tradicional o preferiblemente concreto lanzado.

Los concretos, morteros y lechadas del nuevo muro experimentarán contracción por secado. La estructura existente no se contraerá, por lo cual la contracción causará una fisura a lo largo de los puntos de contacto entre la nueva y la vieja estructura.

Después de ocurrida buena parte de la contracción, entre dos y cuatro meses después de construido el nuevo muro, se pueden sellar las grietas de retracción con epóxico.



El procedimiento constructivo a seguir será el establecido en el Capítulo I de este manual.

CONTROL DE CALIDAD

El diseño de la mezcla para el concreto, lechada o mortero debe ser dada por el constructor y revisada previo a su uso. La distribución y anclaje de acero de refuerzo debe ser inspeccionada antes de fundir el muro de concreto o instalar las unidades de mampostería. Un inspector especial familiarizado con instalación de epóxicos debe observar la instalación del epóxico. Debe solicitarse la verificación

experimental de la calidad de las conexiones con epóxico al fabricante del mismo. Deben realizarse además los controles de calidad establecidos en el Capítulo I para construcción de muros.

LIMITACIONES

Si el muro a ser reemplazado fue construido con mampostería no reforzada NO se debe reemplazar con un muro del mismo tipo. En ese caso probablemente la vivienda o el elemento deben reforzarse.

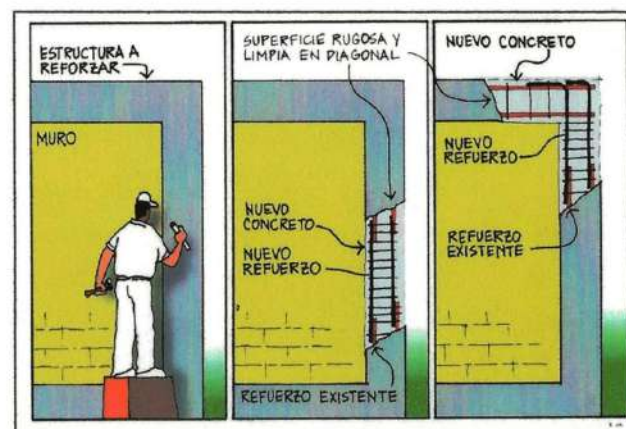
A.8 REPARACIÓN ESTRUCTURAL: REPARACIÓN DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO DE CONCRETO REFORZADO

DESCRIPCIÓN

Los elementos de confinamiento que estén afectados de manera importante deben someterse a una reparación estructural. Esta consiste en el retiro de la totalidad del concreto fisurado dejando al descubierto la totalidad del refuerzo. Posteriormente debe identificarse el refuerzo afectado tanto longitudinal como transversal, aquel que haya fluido o se encuentre deformado o afectado de cualquier manera. Se debe retirar todo el refuerzo afectado y reemplazarse por nuevo refuerzo de características similares a la del refuerzo inicial. Debe retirarse suficiente concreto para garantizar los empalmes requeridos en el refuerzo longitudinal. Amarrar el nuevo refuerzo al refuerzo existente y fundir el nuevo concreto

MATERIALES DE REPARACIÓN

En general se deben utilizar materiales de construcción lo más similares posibles a los materiales de construcción utilizados en los elementos existentes. Todos los materiales deben cumplir como mínimo los requisitos de calidad establecidos en el Capítulo I de este Manual.



EQUIPO

La siguiente es una lista de equipos que se pueden necesitar para reparar los elementos de confinamiento de concreto reforzado:

- Cinceles y macetas.
- Cinceles delgados para preparar la superficie de la estructura que no se retira
- Equipo para mezcla y colocación del concreto, lechada o mortero.
- Seguetas para cortar el refuerzo del muro a retirar

EJECUCIÓN

Luego de hacer la abertura en el muro se procederá a la limpieza de las paredes de la perforación, eliminando toda presencia de polvo o material quebrado y suelto que no permita garantizar la adherencia del concreto nuevo con las paredes de la perforación. Esta limpieza se podrá hacer de forma mecánica o manual con aire y/o agua a presión.

Se colocará la canasta de refuerzo garantizándose el anclaje de esta al refuerzo existente.

Luego se procederá al encofrado lateral para continuar con el vaciado de la mezcla de concreto, de manera uniforme al concreto existente.

El curado del concreto se hará por humedecimiento continuado durante los cinco primeros días y al menos 3 veces diarias.

CONTROL DE CALIDAD

El diseño de la mezcla para el concreto, lechada o mortero debe ser dada por el constructor y revisada previo a su uso. La distribución y anclaje de acero de refuerzo debe ser inspeccionados antes de fundir los nuevos elementos. Debe revisarse la colocación del acero de refuerzo en los elementos de confinamiento, además se debe controlar la calidad de los mismos de acuerdo con los requisitos establecidos en el Capítulo I para construcción de vigas y columnas en concreto.

LIMITACIONES

Si se requiere el reemplazo de barras de acero de refuerzo se deben seguir las recomendaciones dadas en el ítem A.6 de este mismo capítulo.

A.9 REPARACIÓN ESTRUCTURAL: REEMPLAZO DE ELEMENTOS DE ENTREPISO Y/O CUBIERTA DE MADERA

DESCRIPCIÓN

Este tipo de reparación implica el reemplazo de elementos tales como vigas gruesas de madera o de concreto, las cuales van empotradas al muro.

MATERIALES DE REPARACIÓN

En general se deben utilizar materiales de construcción lo más similares posibles a los materiales de construcción utilizados en el elemento de entrepiso y/o cubierta de madera existente. Todos los materiales deben cumplir como mínimo los requisitos de calidad establecidos en el Capítulo I de este Manual.

EJECUCIÓN

Para pisos de madera debe verificarse si las tablas están clavadas a la viga de entrepiso, en este caso no es necesario el apuntalamiento de zonas inmediatas. De lo contrario se debe determinar la cantidad de tablas a remover.

Para pisos de ladrillo o material similar se deben apuntalar las zonas inmediatas para evitar el colapso del mismo una vez se retire la viga de entrepiso.



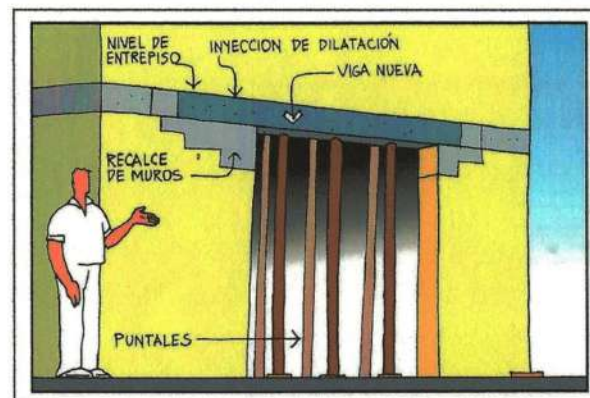
La viga se corta o se demuele por los extremos a unos 20 a 30 cm de distancia de los muros en que está empotrada y se desmonta cuidadosamente la parte suelta.

Se debe picar el muro para extraer la parte de la viga que quedó embebida entre ellos. Entonces se profundiza dicha picada, para facilitar el ingreso de la nueva viga, la cual se acomoda y se apuntala. Las zonas de apoyo en el muro se rellenan y se dejan fraguar lo suficiente antes de quitar el apuntalamiento.

CONTROL DE CALIDAD

Par vigas de concreto, debe verificarse el diseño de la mezcla utilizado en su construcción, así como la colocación del acero de refuerzo.

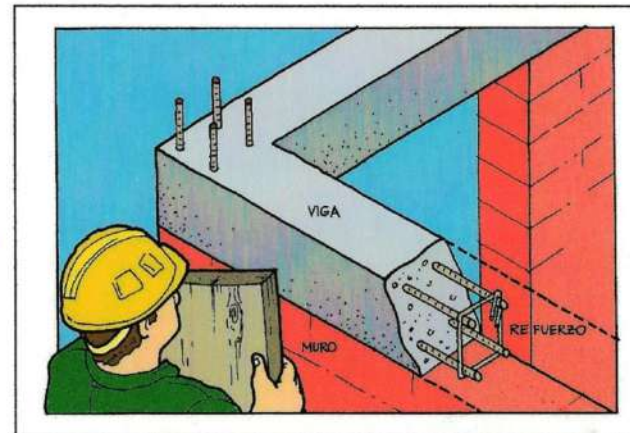
Las vigas de madera deben ser de excelente calidad y se les debe colocar sustancias preservantes para garantizar su durabilidad. Esas sustancias deben presentar buena penetrabilidad y permanencia. Igualmente se deben conocer sus condiciones de toxicidad, grado de corrosión y capacidad fitotóxica.



B. REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS

El *reforzamiento de viviendas* consiste en adelantar las obras requeridas con el fin de darle mayor capacidad de carga a la vivienda misma, sin que ésta presente necesariamente daños causados por terremotos u otros efectos. El reforzamiento de una vivienda debe adelantarse cuando se desee disminuir la vulnerabilidad de la edificación. Las actividades mas usuales relacionadas con el reforzamiento de viviendas son:

- B.1 - Construcción de vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado*
- B.2 - Revestimiento Estructural en concreto reforzado.*
- B.3 - Refuerzo de la cimentación.*
- B.4 - Confinamiento de aberturas.*
- B.5 - Reemplazo de muros no estructurales o muros con aberturas por muros estructurales.*
- B.6 - Costura de grietas con barras de refuerzo.*
- B.7 - Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.*



B.1 REFORZAMIENTO: CONSTRUCCIÓN DE VIGAS Y COLUMNAS DE CONFINAMIENTO EN CONCRETO REFORZADO

DESCRIPCIÓN

Este tipo de reforzamiento consiste en construir elementos en concreto reforzado tales como vigas y/o columnas de confinamiento, las cuales van empotradas al muro.

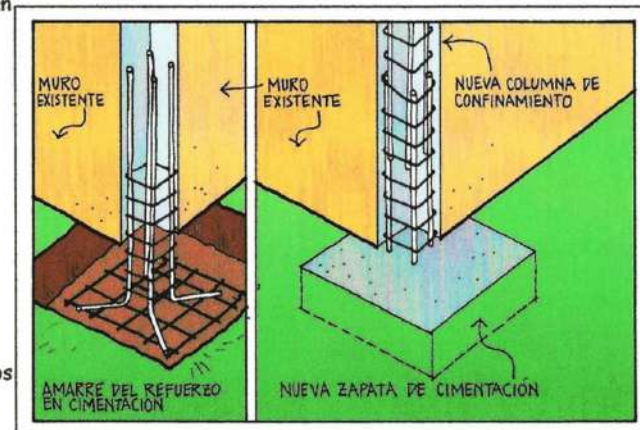
MATERIALES DE REPARACIÓN

- Cemento, agregado y agua..
- Barras de refuerzo

EQUIPO

La siguiente es una lista de equipos que se pueden necesitar para reparar los elementos de confinamiento de concreto reforzado:

- Cinceles y macetas.
- Equipo para mezcla y colocación del concreto, lechada o mortero.
- Seguetas para cortar el refuerzo del muro a retirar

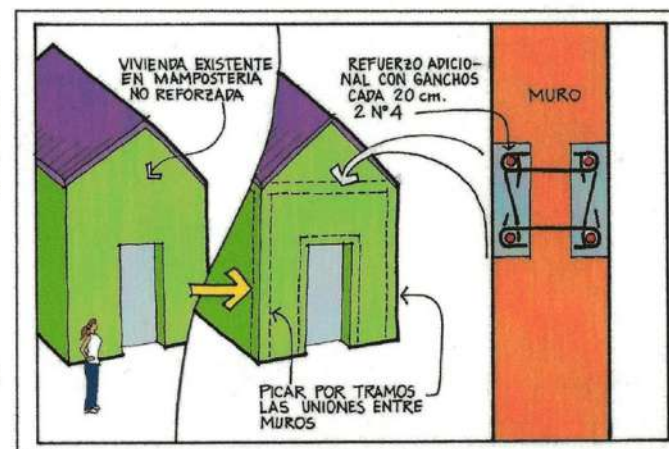


EJECUCIÓN

Se debe picar el muro donde se desean colocar las nuevas columnas y/o vigas de confinamiento. Se procede a colocar el acero de refuerzo verificándose la disposición del mismo. Luego se colocan las formaleτας y se funde el elemento teniendo el cuidado de realizar el vibrado para evitar la aparición de hormigueros. El nuevo elemento debe curarse de acuerdo a las indicaciones dadas en el capítulo 1 de este manual

CONTROL DE CALIDAD

El concreto y el acero deben cumplir con los requisitos mínimos de calidad establecidos en el Capítulo I de este Manual.



B.2 REFORZAMIENTO: REVESTIMIENTO ESTRUCTURAL EN CONCRETO REFORZADO

DESCRIPCIÓN

El revestimiento de concreto se aplica ya sea neumáticamente (concreto lanzado) o mediante capas moldeadas en el sitio en una o ambas superficies del muro. El concreto debe reforzarse y unirse a la estructura existente para permitir un comportamiento monolítico entre el muro existente y el revestimiento en concreto reforzado.

En general, el revestimiento en concreto reforzado debe aplicarse en ambas caras del muro a reforzar.

En la práctica se usan dos procesos diferentes para lanzar el concreto: mezcla húmeda y mezcla seca. En el proceso de mezcla húmeda todos los ingredientes se premezclan y la mezcla húmeda se entrega a la boquilla donde se lanza a la superficie. En el proceso de mezcla seca el cemento seco y el agregado se entregan a la boquilla donde se mezclan con agua mientras se lanzan desde la boquilla a la superficie.

MATERIALES DE REPARACIÓN

Cemento, agregado y agua.



EQUIPO

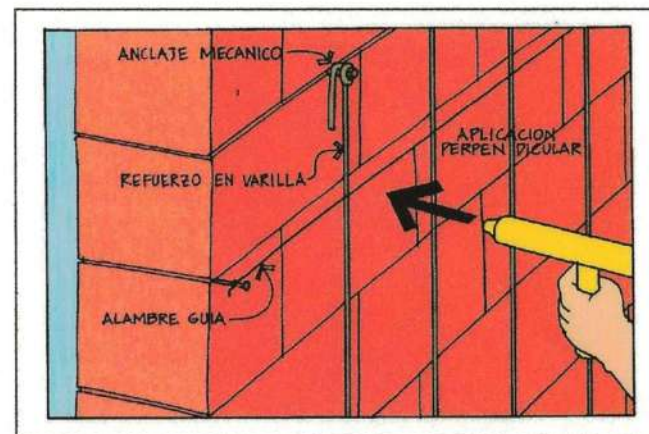
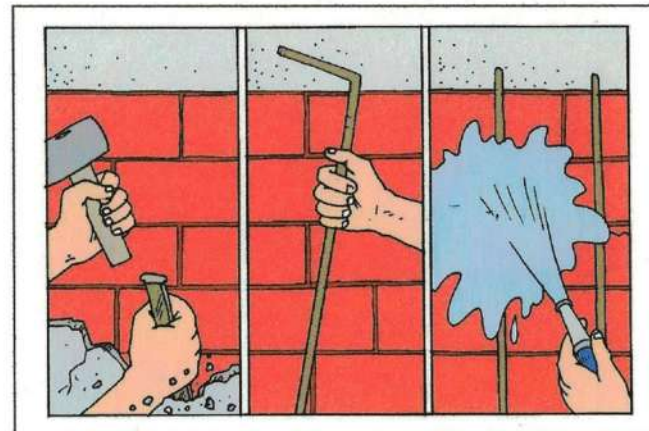
El equipo básico incluye un mezclador, bomba o inyector, compresores, mangueras, y boquillas.

EJECUCIÓN

La superficie del muro existente debe ser preparada removiendo el material dañado o suelto. La superficie debe ser cincelada o escarificada para evitar cambios abruptos en la dimensión. El acero de refuerzo se instala y se ancla en el muro existente mediante anclajes con epóxico que atraviesan el muro de lado a lado. El espaciamiento aproximado de los anclajes es de 2 a 3 veces el espesor del muro.

Antes de aplicar el concreto lanzado, la superficie del muro existente debe prehumedecerse de manera que la humedad del concreto especificado no se absorba dentro del muro existente. Se deben instalar formas o guías de alambre para proveer control de alineamiento en la aplicación, finalización y verificación de suficientes para el acero de refuerzo. Para el caso de concreto lanzado el operador de boquillas debe direccionar el concreto lanzado desde la boquilla a la superficie con un fluido firme ininterrumpido. El ángulo de la boquilla debe ser perpendicular a la superficie del muro para reducir rebote. Se debe garantizar la aplicación del concreto alrededor del acero de refuerzo.

El concreto debe aplicarse en varios pasos comenzando en la base del muro, aplicando un espesor ligeramente superior al indicado con los alambres guía. Debe realizarse un curado húmedo durante al menos un día y preferiblemente durante los 7 días siguientes a la fundida.



CONTROL DE CALIDAD

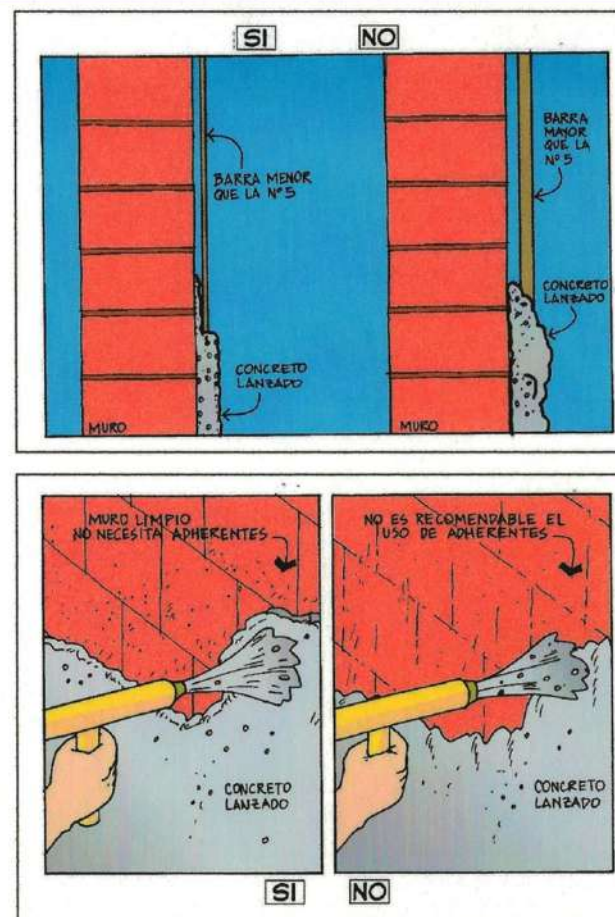
Para el caso de concreto aplicado en capas moldeadas se deben seguir los mismos requisitos del Capítulo 1. Para el concreto lanzado, la calidad de operación es altamente dependiente de la habilidad del operador de la boquilla, el cual debe tener gran experiencia en aplicaciones similares.

El constructor debe establecer el diseño de mezcla del concreto lanzado. Deben prepararse pequeños paneles de ensayo al comienzo de cada día y al comienzo de cada vaciada de concreto lanzado. Los paneles de muestra deben curarse de igual manera que los muros. Deben tomarse núcleos o cubos de cada panel para someterlos a ensayos para verificar la resistencia a la compresión y calidad del concreto. Se debe inspeccionar continuamente la aplicación del concreto lanzado. Deben verificarse los materiales, la colocación, la finalización y el curado de acuerdo con las especificaciones.

LIMITACIONES

Cuando se utiliza concreto lanzado, las barras de acero de refuerzo deben ser barras pequeñas. Las uniones por traslapeo entre barras se deben alternar para que no coincidan todas en una misma sección. El concreto lanzado se adhiere bien al concreto y superficies de mampostería limpias. El uso de agentes adherentes no es recomendable.

Las barras de refuerzo que se utilicen deben ser menores o iguales a la No 5. Sin embargo si se requieren barras mas grandes, el constructor debe realizar ensayos de prueba para demostrar que el concreto lanzado puede ser colocado alrededor de las barras de refuerzo. Se recomienda realizar una inspección total en la operación del concreto lanzado.



B.3 REFORZAMIENTO: REFUERZO DE LA CIMENTACIÓN

DESCRIPCIÓN

Este tipo de reforzamiento consiste en construir vigas de cimentación en concreto reforzado o en el reemplazo de barras de refuerzo que hayan sido afectadas. En este último caso se recomienda el uso de conexiones mecánicas y para ello se debe seguir el procedimiento descrito en A.6 (Reemplazo de Barras de Refuerzo)

MATERIALES DE REPARACIÓN

- Cemento, agregado y agua.
- Barras de refuerzo

EQUIPO

La siguiente es una lista de equipos que se pueden necesitar para reparar reforzar la cimentación:

- Cinceles y macetas.
- Equipo para mezcla y colocación del concreto, lechada o mortero.
- Seguetas para cortar el refuerzo.

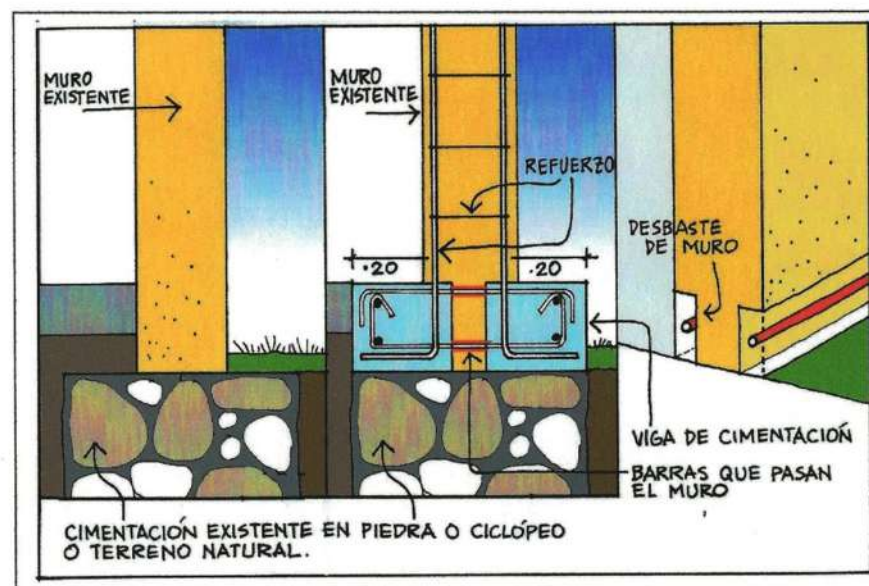
- Equipo para excavaciones.

EJECUCIÓN

Se debe realizar una excavación a lo largo del muro a una distancia de 10 cm aproximadamente a cada lado del mismo, con el fin de colocar la viga de cimentación. La parte del muro que esta empotrada en el suelo debe picarse para poder colocar tanto el refuerzo vertical como el refuerzo que traspasa la nueva viga de cimentación. Se debe tener mucho cuidado en la colocación del refuerzo para lo cual debe verificarse la disposición del mismo. Luego se colocan las formaleas y se funde el elemento teniendo el cuidado de realizar un correcto vibrado para evitar la aparición de hormigueros. El nuevo elemento debe curarse de acuerdo a las indicaciones dadas en el capítulo 1 de este manual

CONTROL DE CALIDAD

El concreto y el acero deben cumplir con los requisitos mínimos de calidad establecidos en el Capítulo I de este Manual. Además deben seguirse las indicaciones referentes a la cimentación establecidas en ese mismo capítulo.



Construcción de vigas de amarre. Cimentación

B.4 REFORZAMIENTO: CONFINAMIENTO DE ABERTURAS

DESCRIPCIÓN

Este tipo de reforzamiento consiste en construir elementos en concreto reforzado alrededor de aberturas en muros con fin de lograr un buen confinamiento.

MATERIALES DE REPARACIÓN

- Cemento, agregado y agua..
- Barras de refuerzo

EQUIPO

La siguiente es una lista de equipos que se pueden necesitar para reparar los elementos de confinamiento de concreto reforzado:

- Cinceles y macetas.
- Equipo para mezcla y colocación del concreto, lechada o mortero.
- Seguetas para cortar el refuerzo

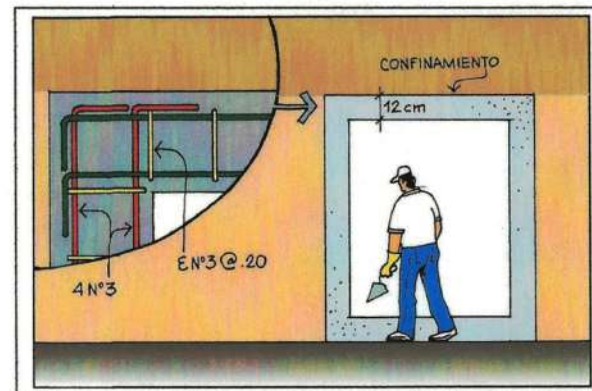


EJECUCIÓN

Se debe picar el muro donde se desean colocar los nuevos elementos de confinamiento. Se procede a colocar el acero de refuerzo verificándose la disposición del mismo. Se deben colocar 4 barras No 3 tanto para refuerzo superior como inferior tal como se indica en la figura. Los estribos deben ser No 3 espaciados cada 20 cm. Luego se colocan las formaletas y se funde el elemento teniendo el cuidado de realizar el vibrado para evitar la aparición de hormigueros. El nuevo elemento debe curarse de acuerdo a las indicaciones dadas en el capítulo 1 de este manual.

CONTROL DE CALIDAD

El concreto y el acero deben cumplir con los requisitos mínimos de calidad establecidos en el Capítulo I de este Manual.



B.5 REFORZAMIENTO: REEMPLAZO DE MUROS NO ESTRUCTURALES O MUROS CON ABERTURAS POR MUROS ESTRUCTURALES

DESCRIPCIÓN

Este procedimiento consiste en reemplazar un muro sin refuerzo por un muro estructural. La remoción del muro debe realizarse cuidadosamente de manera que se logren adaptar dovelas de empalme con el refuerzo existente para lograr continuidad con el nuevo refuerzo. La construcción del nuevo muro debe ser lo más similar posible a la construcción del muro existente.

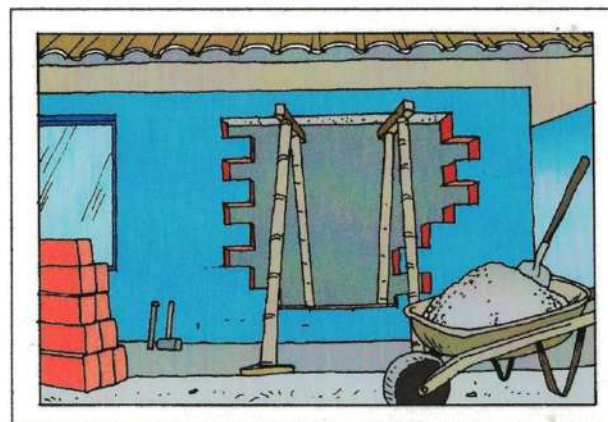
MATERIALES DE REPARACIÓN

Los materiales a utilizarse para el nuevo muro deben ser lo mas similares posibles a los materiales de construcción utilizados en los muro existentes. Todos los materiales deben cumplir como mínimo los requisitos de calidad establecidos en el Capítulo I de este Manual.

EQUIPO

El equipo usado dependerá de la construcción del muro existente y de los métodos usados para instalar el nuevo muro. La siguiente es una lista de equipos que se pueden necesitar para remover y reemplazar muros:

- Cinceles y macetas para remoción del muro
- Cinceles delgados para preparar la superficie de la estructura que no se retira
- Equipo para mezcla y colocación del concreto, lechada o mortero.



- Seguetas para cortar el refuerzo del muro a retirar

EJECUCIÓN

El procedimiento a llevarse a cabo es similar al ejecutado para REPARACIÓN ESTRUCTURAL: REEMPLAZO DE MUROS(A.7) teniendo en cuenta que el muro debe contener acero de refuerzo

Después de ocurrida buena parte de la contracción, entre dos y cuatro meses después de construido el nuevo muro, se pueden sellar las grietas de retracción con epóxico.

El procedimiento constructivo a seguir será el establecido en el Capítulo I de este manual.

CONTROL DE CALIDAD

El diseño de la mezcla para el concreto, lechada o mortero debe ser dada por el constructor y revisada previo a su uso. La distribución y anclaje de acero de refuerzo debe ser inspeccionada antes de fundir el muro de concreto o instalar las unidades de mampostería. Un inspector especial familiarizado con instalación de epóxicos debe observar la instalación del epóxico. Debe solicitarse la verificación experimental de la calidad de las conexiones con epóxico al fabricante del mismo. Deben realizarse además los controles de calidad establecidos en el Capítulo I para construcción de muros.

B.6 REFORZAMIENTO: REVESTIMIENTO ESTRUCTURAL-FIBRAS COMPUESTAS

DESCRIPCIÓN

Fibras delgadas de vidrio o carbono pueden aplicarse a la superficie del muro para mejorar la resistencia del muro. Las fibras se aplican generalmente a la superficie usando una resina epóxica aglutinante y se orientan en una o dos direcciones. Las fibras compuestas se usan como refuerzo a tensión del muro y pueden por tanto incrementar la resistencia del muro. En general las fibras compuestas no aumentan la rigidez del muro que refuerzan.

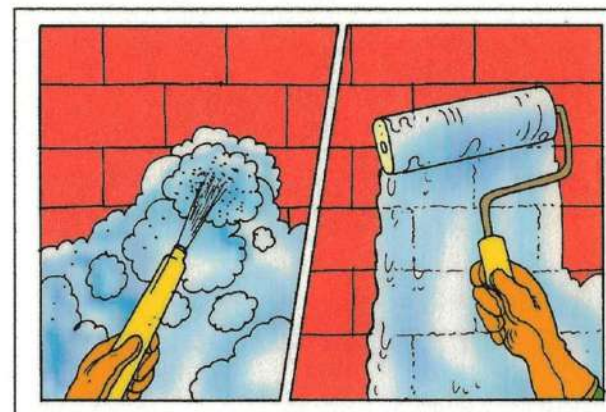
MATERIALES DE REPARACIÓN

Los materiales de reparación comúnmente utilizados son:

- Fibras de carbón o láminas de fibras de vidrio.
- Epóxico para adherir las láminas al muro
- Anclaje para unir las láminas de fibra compuestas

EJECUCIÓN

Las grietas en los muros deben repararse usando inyecciones de mortero epóxico. Las roturas y estilladuras también deben repararse. Las superficies del muro se preparan mediante limpieza con grata metálica o chorro de arena suave, hasta obtener el terminado requerido para la aplicación de la fibra compuesta.



Enseguida se aplica una capa delgada de aglutinante epóxico sobre la superficie usando rodillos. Las fibras compuestas se saturan en epóxico y se presan dentro de epóxico aglutinante mediante un rodillo. El número de capas y la orientación de las mismas dependen de los requerimientos de reforzamiento. Pueden aplicarse epóxicos adicionales para cubrir totalmente las fibras.

La aplicación mínima exige al menos dos franjas de tela en diagonal en cada una de las dos direcciones muy cerca de las diagonales principales del muro.

Las capas de tela se deben prolongar alrededor de los extremos del muro para una distancia recomendada por el fabricante. Si una interferencia física impide la envoltura de la tela, deben instalarse anclajes a través de la tela a lo largo del perímetro del muro y asegurado al mismo. El epóxico debe someterse a curado al menos durante 24 horas o según las recomendaciones del fabricante.

Una vez el epóxico haya curado, el muro debe cubrirse con una capa no estructural de pintura, plástico o láminas de fibra prensada.



CONTROL DE CALIDAD

La instalación de las fibras compuestas deben monitorearse cuidadosamente para verificar que el trabajo se realice de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

Deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos :

- La preparación de la superficie del muro, para verificar la limpieza y terminado según los requerimientos.

- La mezcla del epóxico, para verificar que los dos se han mezclado según las proporciones indicadas.
- La tela compuesta instalada, para verificar que la tela está completamente embebida en la resina epóxica.
- El recubrimiento de las láminas de telas y la envoltura de las láminas alrededor de las esquinas, para verificar el anclaje de las telas según las indicaciones del fabricante.
- El curado del epóxico, para asegurar conformidad con las recomendaciones del fabricante.

LIMITACIONES

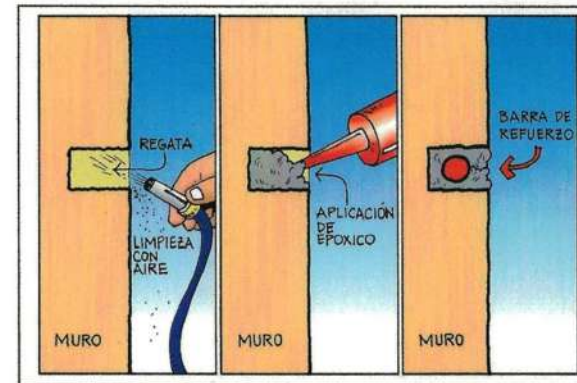
No hay estándares para el diseño de fibras compuestas usadas para reparar muros de mampostería. Los fabricantes del material pueden suministrar referencias y recomendaciones para aplicación.

Las fibras de carbón tienen un módulo de elasticidad y esfuerzo de tensión que son superiores a los del acero. Las fibras de vidrio tienen un módulo de elasticidad y esfuerzos resistentes a tensión más bajos. Tanto las fibras de vidrio como las de carbón exhiben comportamiento frágil en tensión.

B.7 REFORZAMIENTO: COSTURA DE GRIETAS CON BARRAS DE REFUERZO

DESCRIPCIÓN

Cuando se presenta una grieta en un muro de concreto de mampostería la capacidad a cortante a lo largo de la grieta puede restaurarse y mejorarse mediante costura con barras de refuerzo a lo largo de la grieta. Este tipo de reparación es mas útil cuando las barras de refuerzo pueden estar torcidas o las condiciones de la rotura impiden al epóxico producir una adecuada adherencia. Para esta reparación se insertan nuevas barras a través de la grieta para mejorar la resistencia disminuida por la aparición de la grieta.



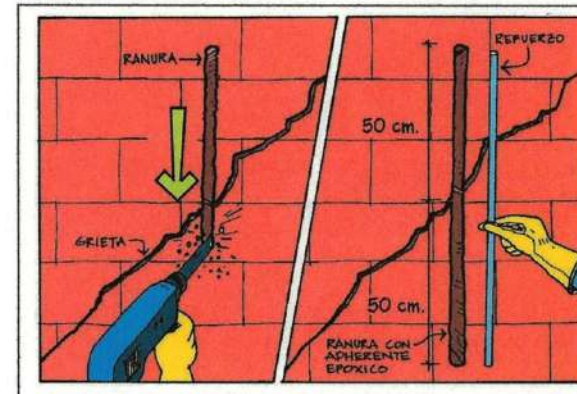
MATERIALES DE REPARACIÓN

Se requiere el siguiente equipo para las obras de reforzamiento :

- Taladros rotatorios para adelantar las regatas (No se recomiendan brocas para sacar núcleos)
- Compresores de aire y cepillos
- Equipo para mezcla y colocación de resina epóxica y/o mortero.

EJECUCIÓN

Típicamente se utilizan barras No 4 o No 5 con una extensión de



aproximadamente 50 cm a cada lado de la grieta. Para colocar el refuerzo embebido en el muro se hacen regatas las cuales deben interceptar la grieta en un ángulo de aproximadamente 45 hasta 90 grados

Las regatas deben limpiarse con aire comprimido y cepillo. El epóxico es colocado en la regata y entonces la barra de refuerzo se inserta en el hueco. Debe colocarse suficiente epóxico dentro del hueco de tal manera que algo de epóxico es forzado hacia afuera cuando se coloca la barra de refuerzo.

CONTROL DE LA CALIDAD

La adherencia del epóxico a la barra de refuerzo y a la mampostería existente es crítica para la efectividad de reparación. Para que la adherencia sea adecuada la regata debe estar limpia. Esto usualmente implica varios ciclos de cepillado y soplado de la regata. Los compresores para soplado deben ser adecuados para impedir engrase de la mezcla con aire. El aceite del compresor reducirá la adherencia, si se presenta. El agua en el hueco puede impedir la adherencia. La barra de refuerzo no debe ser rotada mientras que se inserta dentro del hueco, ya que se podrían presentar problemas de adherencia.

Un inspector debe verificar cada regata para garantizar su limpieza y profundidad requerida antes de insertar la barra de refuerzo. Cada regata debe inspeccionarse durante la colocación de la barra de refuerzo para verificar que el epóxico llena completamente el espacio anular alrededor de la barra.

LIMITACIONES

Barras instaladas a través de la grieta son solamente efectivas si hay suficiente espesor de material encima o debajo del muro para el desarrollar la longitud de anclaje. No se deben usar barras más grandes que la No 5 debido a que las brocas de barrena pueden no estar disponibles para lograr la profundidad del hueco requerida para anclarlas adecuadamente.

Debe tenerse cuidado para evitar daños en las barras de refuerzo cuando se taladran los huecos para las nuevas barras de refuerzo. Detectores de barras deben ser usados para distribuir la colocación de barras con respecto a las existentes.

C. RECONSTRUCCIÓN

La Reconstrucción de viviendas se realiza con el fin de reconstruir partes gravemente afectadas de la misma, ya sea por causa de un terremoto o por cualquier otro efecto y tiene como objetivo proporcionarle a la vivienda una capacidad de carga de acuerdo con la normativa vigente con relación al diseño sismorresistente.

LA RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DEBE REALIZARSE DE ACUERDO CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN EL CAPÍTULO I DE ESTE MANUAL.

BIBLIOGRAFÍA

1. Norma colombiana de diseño y construcción sismo resistente (NSR/98)
2. Evaluation of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings. Basic procedures manual. FEMA 306. Mayo 1999
3. Evaluation of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings. Technical resources. FEMA 307. Mayo 1999
4. Repair of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings. FEMA 308. Mayo 1999.
5. Reducing the risks of nonstructural earthquake damage. A practical guide. FEMA 74. Septiembre 1994
6. NEHRP Handbook for seismic rehabilitation of existing buildings. FEMA 172. Junio 1992
7. Nonstructural issues of seismic design and construction. EERI. Publication No 84-04. Junio de 1984
8. The home buider's guide for earthquake design. ATC. Junio 1980.
9. Dudley Eric y Haaland Ane. Communicating Building for Safety. Guidelines for methods of communicating technical information to local builders and householders. 1993
10. Coburn Andrews, Hughes Richard, Pomonis Antonios, Spence Robin. Technical Principles of Building for Safety. 1995
11. Aysan Yesemin, Clayton Andrew, Colir Alistair, Davis Ian, Sanderson David. Developing Building for Safety Programmes. Guidelines for organizing improvement programmes in disaster-prone areas. 1195
12. Clayton Andrew, Davis Ian. Building for Safety Compendium. An annotated bibliography and information directory for safe building. 1994
13. Mejía C y Cia Ltda. , Luis Gonzalo. Notas acerca de la fisuración de Muros. Medellín, Octubre de 1983. Revisión: Abril de 1996.
14. Sarria Molina Alberto. Terremotos: debemos prepararnos. Santa Fe de Bogotá, 1985.
15. Manual de construcción de vivienda popular. ICPC. Medellín. 2 edición, 1998.

16. Nuevas casas resistentes de adobe. Pontificia Universidad Católica del Perú, Agencia para el Desarrollo Internacional USAID/PERU, Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. Lima, Perú.
17. Diseño y construcción en Quincha. Pontificia Universidad Católica del Perú y Universidad técnica de Nueva Escocia (Canadá). Proyecto construcciones en quincha.
18. Construcciones menores sismo resistentes. Manual técnico de Capacitación. AIS, SENA, Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Emergencias.
19. Invirtiendo en el futuro de Quito. Escuela Politécnica Nacional GeoHazards Internacional..
20. Edificaciones de mampostería reforzada. México, 1999
21. Vamos a reforzar nuestra casa. Atendamos las recomendaciones de don Prevencio. Borrador de Cartilla para reforzamiento sismo resistente de viviendas en mampostería.
22. Building Safety in Brick Masonry. Parte 1. (Draft copy for review) . March 1992.
23. Lessons Learned over time. Volumen II. EERI
24. Mi Amiga la Tierra. Cartilla del sistema Nacional Para la Atención y Prevención de Desastres. 1990
25. Como Vivir Aquí. Manual para docentes. Programa escolar de Prevención y Atención de Desastres. Dirección Nacional Para la Atención y Prevención de Desastres.
26. Manual de especificaciones mínimas para viviendas de uno y dos pisos. Norma sismorresistente NSR-98. Capítulo E. Boletín Técnico No 52. Febrero de 1999.
27. Mejía Luis Gonzalo. Notas acerca de fisuración en muros. octubre de 1986, Abril de 1996.
28. Mejía Luis Gonzalo. Manual para construcciones de casas sismo resistentes de 1 y 2 pisos . sistema Nacional de Prevención y atención de Desastres de Medellín. 1999
29. Manual de construcciones antisísmicas. Universidad del Valle. 1985
30. Guía para la construcción sismo resistente no ingenieril. Edición revisada de "conceptos básicos de códigos sísmicos" Vol I, parte 2, 1980. Asociación Internacional de Ingeniería Sísmica. 1986
31. Rojas, Manuel. Manual Para la construcción de viviendas de un piso con bloques de concreto. Dirección de Prevención y Mitigación . Comisión Nacional de Emergencias. 1993

