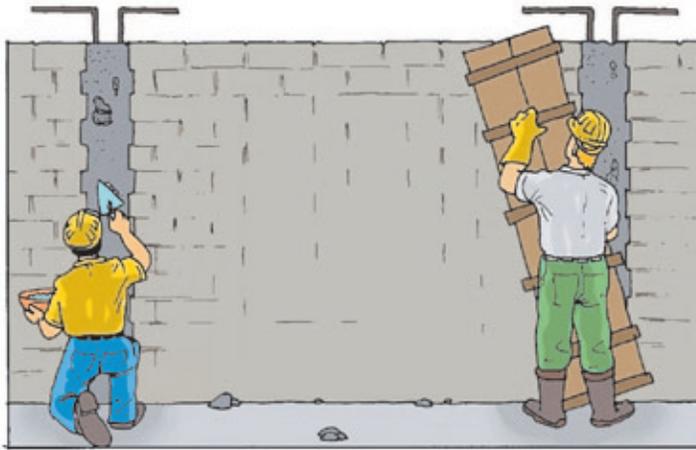


REHABILITACIÓN SÍSMICA PARA VIVIENDAS EN PUERTO RICO

versión preliminar



COLEGIO DE INGENIEROS Y AGRIMENSORES DE PUERTO RICO

Manual de Rehabilitación Sísmica de Viviendas en Puerto Rico

Preparado por la Comisión de Terremotos

Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico

Introducción

El *Manual de Rehabilitación Sísmica de Viviendas* de hormigón armado en Puerto Rico ha sido preparado por la Comisión de Terremotos del Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico para fomentar la rehabilitación sismorresistente de las viviendas mediante gráficas y explicaciones sencillas que puedan ser implementadas por los dueños de las viviendas o sus representantes, contando con la supervisión de un ingeniero civil licenciado. El propósito fundamental del Manual es proporcionar a los usuarios unas normas sencillas –a tenor con los últimos conocimientos sobre el comportamiento sísmico de las viviendas de hormigón armado y el Reglamento de Edificación de Puerto Rico de 2011– que permitan reforzar la vivienda, ya sea aumentando su capacidad de carga lateral o eliminando elementos quebradizos que puedan conducir a una falla substancial de la estructura. Se trata de medidas simples de construcción que pueden implementarse fácilmente y a bajo costo.

El segundo capítulo de este Manual presenta el procedimiento para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en Puerto Rico, mientras que el tercer capítulo presenta una serie de pautas para mitigar los daños causados por los terremotos en las viviendas de hormigón armado. Finalmente, el cuarto capítulo presenta varias alternativas para la rehabilitación de diversos elementos estructurales de viviendas típicas en Puerto Rico.

El Manual se ha preparado tomando como modelo el *Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismorresistente de Viviendas de Mampostería* preparado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Agradecemos a dicha Asociación que nos haya facilitado esta información para actualizarla y adaptarla a la realidad de los códigos y reglamentos puertorriqueños. El *Manual de Rehabilitación Sísmica de Viviendas en Puerto Rico* ha sido financiado por el CIAPR como aporte a la protección de la vida, salud y seguridad del pueblo puertorriqueño.

Ing. Miguel Torres Díaz
Presidente
Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico



**COMISIÓN DE TERREMOTOS
COLEGIO DE INGENIEROS Y
AGRIMENSORES DE PUERTO RICO
2010 – 2011**

PRESIDENTE:

Dr. Bernardo Deschappelles
bernard@onelinkpr.net

MIEMBROS:

Dr. Samuel I. Díaz Santiago
sammysid@hotmail.com

Dr. Juan B. Fuentes Rodríguez
jbfuentes@cmapr.com
jbfuentes@cma-sjpr.com

Dr. José A. Martínez Cruzado
jose.martinez44@upr.edu

Dr. Salvador Martínez Morales
smartinez@mcaec.com

Dr. Ricardo R. López Rodríguez
ri.lopez@upr.edu

Ing. José M. Izquierdo Encarnación
pepeizen@gmail.com
pepeiz@msn.com

Dr. Rafael Jiménez Pérez
rjaline@aol.com

Dr. Carlos E. Rodríguez-Pérez
cerodrig@geo-engineering.com

Ing. Félix L. Rivera Arroyo
felixlrivera@gmail.com



**ASOCIACION COLOMBIANA
DE
INGENIERÍA SÍSMICA**

Bogotá, marzo 16 de 2011

*COLEGIO DE INGENIEROS
Y AGRIMENSORES DE PUERTO RICO*
Ingeniero
MIGUEL A TORRES DIAZ
Presidente

Apreciado Ingeniero:

Me parece fabuloso que podamos colaborar y tiene nuestra autorización para utilizar nuestro manual como base para el desarrollo del vuestro.

Solo le pido que se den 105 créditos (reconocimiento de la fuente) y que nos regalen unos ejemplares para tener en nuestra biblioteca.

Estamos muy contentos de poder colaborar y no dude en contactarnos para cualquier otra labor en la que ustedes consideren que podemos ser útiles.

Cordialmente,

LUIS ENRIQUE AYCARDI
Presidente AIS

CARRERA 19A No. 84-14 OFICINA 502 -
TELÉFONOS 530 0826/691 6103 FAX 530 0827

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMORRESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA

1. Introducción al Manual-Edición Ing. J. Izquierdo	1_1
2. Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Viviendas en Puerto Rico-Edición Ing. Felix Rivera	2_1
3. Guías de Mitigación Sísmica para Viviendas en Puerto Rico-Edición Ing. B. Deschappelles.....	3_1
4. Rehabilitación de Viviendas-Edición Ing. R. Jiménez y S. Díaz.....	4_1
5. Rehabilitación de Viviendas con Mallas de Acero y Mortero- Edición Ing. Deschappelles.....	5_1

CAPÍTULO 1

CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE DE VIVIENDAS

LOS TERREMOTOS Y LA SISMORRESISTENCIA

◆ ¿Qué es un terremoto?

Un terremoto es un temblor súbito de la tierra causado por una quiebra y un movimiento de la roca bajo de la superficie de la tierra. Los terremotos pueden hacer que los edificios y los puentes se desplomen o que las líneas telefónicas y eléctricas se caigan, y pueden resultar en incendios, explosiones y derrumbes de tierra. Los terremotos también pueden causar inmensas olas en el océano, llamadas tsunamis o maremotos, que viajan largas distancias sobre el agua hasta que rompen en áreas costeras.

◆ ¿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. Puerto Rico entero está expuesto a amenaza sísmica.

Fallas sísmicas en la zona de Puerto Rico



◆ Conozca los términos relacionados con los terremotos

Conozca los términos que le ayudarán a identificar un riesgo de terremoto:

Terremoto

Un deslizamiento o movimiento repentino de una parte de la corteza terrestre, acompañado y seguido de una serie de vibraciones en la superficie de la tierra.

Temblor secundario

Un terremoto de similar o menor intensidad que sigue al terremoto principal.

Falla

Zona donde ocurre la fractura de la roca en la que ocurre el deslizamiento durante un terremoto. El deslizamiento puede variar entre menos de una pulgada y más de 10 yardas en un terremoto fuerte.

Epicentro

El lugar en la superficie de la tierra directamente encima del punto donde la falla comienza a abrirse o fracturarse. Una vez que empieza el deslizamiento, puede extenderse a lo largo de la falla durante el terremoto y puede abarcar cientos de millas antes de detenerse.

Ondas sísmicas

Vibraciones que viajan hacia fuera desde la falla durante el terremoto a velocidades de varias millas por segundo. Si el deslizamiento de la falla ocurre directamente debajo de una estructura, puede causar muchos daños. Sin embargo, las vibraciones de las ondas sísmicas son lo que ocasiona más destrucción durante los terremotos.

Magnitud

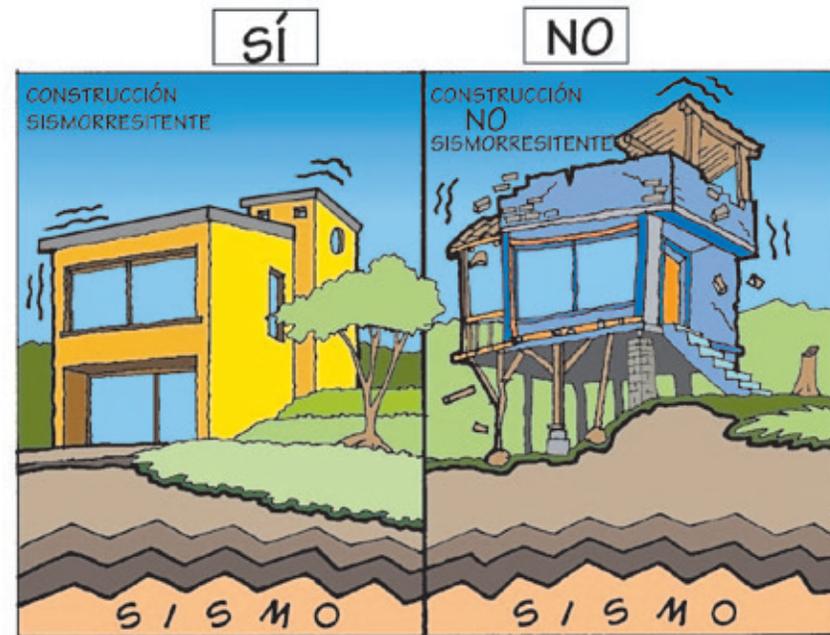
La cantidad de energía liberada durante un terremoto, que se calcula a partir de la amplitud de las ondas sísmicas. Una magnitud de 7.0 en la escala de Richter indica un terremoto sumamente fuerte. Cada número entero de la escala representa un incremento de aproximadamente 30 veces más energía liberada que el número entero anterior. Por lo tanto, un terremoto que mide 6.0 es aproximadamente 30 veces más potente que uno que mide 5.0.

¿Qué es la sismorresistencia?

Se dice que una edificación es sismorresistente cuando se diseña y construye con una configuración estructural adecuada, con componentes de dimensiones apropiadas y materiales con proporción y resistencia suficientes para soportar la acción de las fuerzas causadas por sismos frecuentes. Incluso cuando una edificación se diseña y construya cumpliendo con todos los requisitos que indican las normas de diseño y construcción sismorresistente, siempre existe la posibilidad de que se presente un terremoto aun más fuerte que los previstos (es decir, los que la edificación debe resistir sin sufrir derrumbes totales o parciales).

Por esta razón, no existen edificios totalmente sismorresistentes. No obstante, la sismorresistencia es una propiedad o capacidad que se le da 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 sismorresistente no debe colapsar y ayudará a evitar pérdida de vidas y pérdida total de la propiedad.

Una edificación que no es sismorresistente resulta vulnerable, es decir, susceptible o predispuesta a dañarse de forma grave o a colapsar fácilmente en caso de terremoto. El aumento en costos que implica la sismorresistencia es mínimo si la construcción se realiza correctamente y está totalmente justificado, dado que significa la seguridad de las personas en caso de terremotos y la protección de su patrimonio, que en la mayoría de los casos es la misma edificación.



PRINCIPIOS PARA RESIDENCIAS SEGURAS

◆ Suelo firme y buenas zapatas

Las zapatas deben ser adecuadas 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, causando mayores daños a la residencia. Además, contribuyen a asentamientos que son nocivos para la cimentación y que pueden afectar la estructura y facilitar daños en caso de sismo.

◆ Estructura apropiada

Para que una edificación soporte un terremoto, su estructura debe ser sólida, simétrica, de materiales uniformes y tener todas sus partes bien conectadas. Los cambios bruscos en sus dimensiones o su rigidez, la 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 la adecuada resistencia y capacidad de la estructura para absorber y disipar la energía que el sismo le transmite a la edificación cuando se sacude. Los materiales frágiles o quebradizos, poco resistentes o con discontinuidades estructurales se rompen fácilmente ante la acción de un terremoto. Los muros o paredes de ladrillo o bloque sin refuerzo, sin vigas ni columnas, son muy peligrosos.

◆ Calidad en la construcción

Se deben cumplir con 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 han sido causa de daños y colapsos de edificaciones que aparentemente cumplen con otras características o principios de la sismorresistencia. Los sismos dejan al descubierto los descuidos, omisiones y errores que se hayan cometido al construir la vivienda.

◆ Capacidad para disipar energía

Una estructura debe ser capaz de soportar deformaciones en sus componentes sin que estos se dañen gravemente o se degrade su resistencia. Cuando una estructura no es dúctil ni flexible, se agrieta fácilmente al iniciarse su deformación por la acción sísmica. Al degradarse su rigidez y resistencia, la vivienda pierde su estabilidad y puede colapsar súbitamente. Los aros en las vigas y columnas de hormigón deben colocarse muy juntos para dar confinamiento y mayor resistencia al hormigón y al refuerzo 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 LA VIVIENDA

Deben buscarse lugares en que el terreno sea estable, donde no exista 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 por deslizamientos, no se ubique inmediatamente al lado de laderas (taludes) o suelos inestables, especialmente cuando hay evidencia de que los mencionados fenómenos han ocurrido antes.

◆ ¿Qué hacer?

La vivienda debe construirse alejada de laderas cuya estabilidad esté en duda, o se deberá realizar la estabilización y protección del talud. No construya sobre suelos sueltos en laderas, ya que durante un sismo se pueden desprender fácilmente y arrastrar la vivienda. Si la pendiente de la ladera es mayor de 30% (pendiente 1 horizontal a 2 vertical), se debe buscar la asesoría de un ingeniero de suelos y de un ingeniero estructural.

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



CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

◆ Geometría

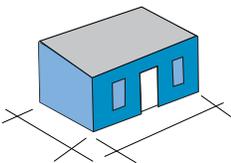
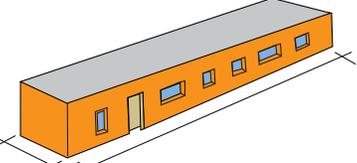
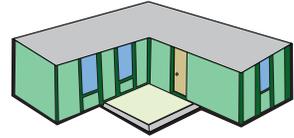
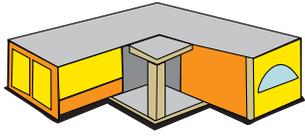
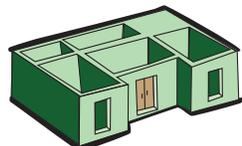
Se deben construir paredes en dos direcciones perpendiculares entre sí. La geometría de la vivienda debe ser regular y lo más simétrica posible. Una vivienda simétrica, bien construida, resiste mejor la acción de los terremotos. Evite construir viviendas con formas alargadas y angostas, viviendas cuyo largo sea mayor que tres veces el ancho.

◆ Resistencia

Es necesario garantizar la uniformidad en el uso de materiales en las paredes, estructuras, techos y demás. Esto permite una respuesta integral de la edificación en caso de sismo. La vivienda debe ser firme y debe poder conservar el equilibrio cuando se someta a la vibración de un terremoto. Las viviendas inestables o poco sólidas se pueden volcar o deslizar fácilmente.

◆ Rigidez

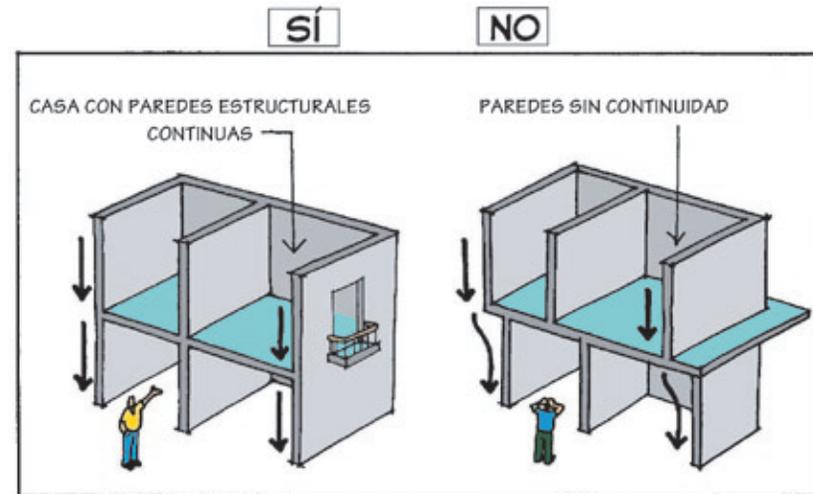
Es deseable que la estructura de la vivienda sea como una unidad y que se deforme poco cuando la vivienda se mueva ante la acción de un sismo. Una vivienda flexible o poco sólida, al deformarse exageradamente, favorece que surjan daños en paredes o divisiones no estructurales, acabados arquitectónicos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

	SÍ	NO
RIGIDEZ	<p>LONGITUD PROPORCIONADA</p> 	<p>DESPROPORCIONADA</p> 
CONTINUIDAD	<p>UNIFORMIDAD DE MATERIALES</p> 	<p>SIN UNIFORMIDAD</p> 
RIGIDEZ	<p>LOS ELEMENTOS EMPALAN</p> 	<p>NÓ EXISTE UNIDAD</p> 
CONTINUIDAD	<p>EJES Y PAREDES CONTINUOS</p> 	<p>DISCONTINUADA</p> 

◆ Continuidad

Para que una edificación soporte un terremoto, su estructura debe ser sólida, simétrica, uniforme y continua o bien conectada. Los cambios bruscos en sus dimensiones o su rigidez, la 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 las paredes deben ser colineales y las paredes de bloques deben tener juntas horizontales y verticales continuas. Debe haber aproximadamente la misma longitud de paredes en las dos direcciones perpendiculares de la vivienda. Esto es así debido a que las fuerzas del sismo se pueden presentar en cualquier dirección. Si la vivienda tiene dos pisos, es necesario que las paredes que cargan el techo sean una continuación de las paredes del primer piso que se apoyan sobre la cimentación. Si las paredes del segundo piso no coinciden exactamente con las del primer piso, esas paredes del segundo piso simplemente aumentan la carga o el peso sobre el primer piso sin ayudar a soportar las fuerzas que causa el terremoto. Las aberturas en las paredes de la vivienda deben estar distribuidas en todas las paredes de forma equilibrada.



MATERIALES

Los materiales deben ser de buena calidad para garantizar una resistencia adecuada y la capacidad de la vivienda para resistir un terremoto.

Los materiales frágiles, poco resistentes o con discontinuidades se rompen fácilmente ante la acción de un terremoto. Las paredes de bloques sin refuerzo, sin vigas ni columnas, son muy peligrosas.

◆ Cemento

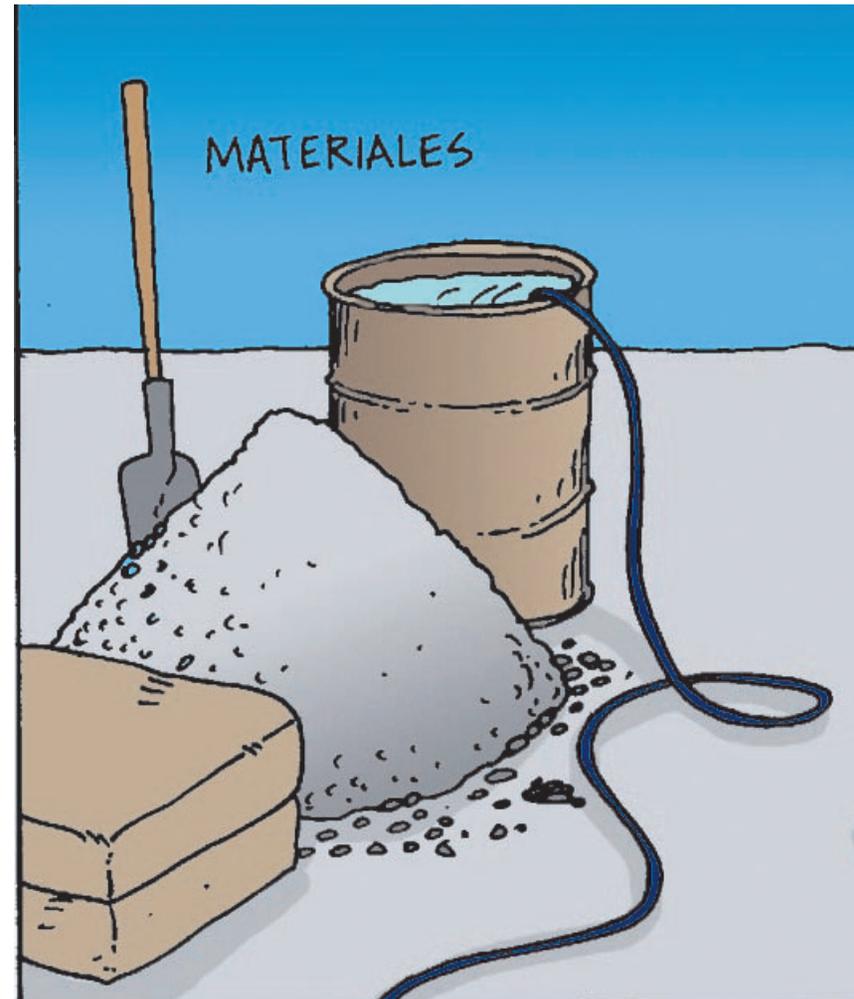
El cemento debe estar en su empaque original, ser fresco y al utilizarlo hay que asegurarse de que conserve sus características de polvo fino sin grumos.

El cemento se debe almacenar en un lugar techado, sin que esté en 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 deben almacenarse por más de dos meses.

◆ Agregados

La piedra y la arena no deben estar sucias ni mezcladas con materia orgánica, tierra o arcilla. Esto hace que la resistencia del hormigón disminuya notablemente o se produzca gran cantidad de fisuras en los morteros.

La piedra no debe ser frágil y los pedazos no deben tener más de 1 pulgada en tamaño.



Mezcla del hormigón

La mezcla debe realizarse de forma muy cuidadosa. Se recomienda tener en cuenta las proporciones (dosificación) que se indican en la tabla aquí incluida, según el elemento estructural que se va a construir.

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

Las partes se deben medir en el mismo recipiente, como por ejemplo un balde, una paila o una carretilla.

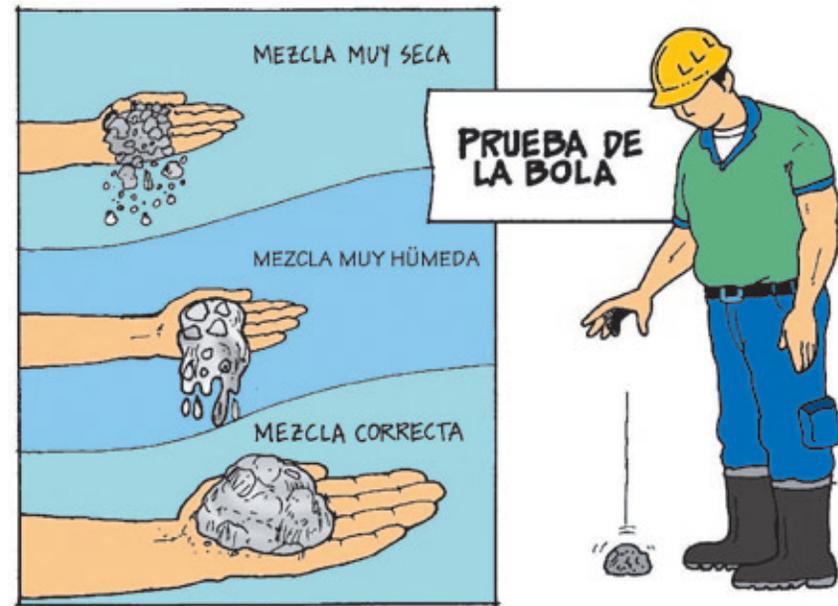
Para obtener un hormigón de buena calidad, hay que controlar la cantidad de agua que se le agrega.

Dosificación del hormigón			
Elementos	Cemento	Arena lavada	Grava
Bases	1 parte	2 partes	2 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

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 agua debidamente medidas.

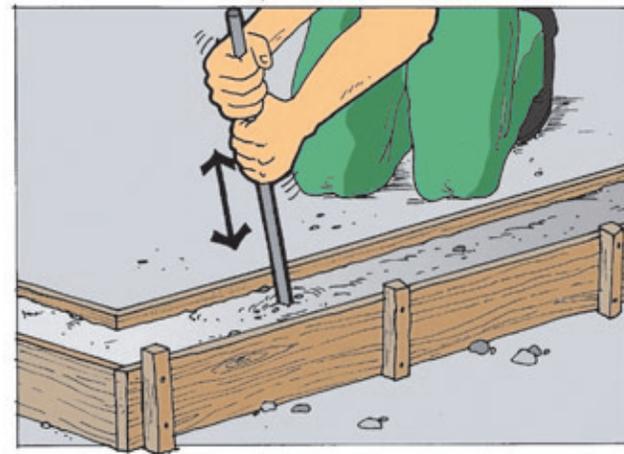
Cuando realice una mezcla de hormigón, haga la prueba de la bola. Trate de formar una bola con la mezcla. Si no la puede formar, le falta agua o arena. Si se le escurre en las manos, se pasó de agua.



Vibrado

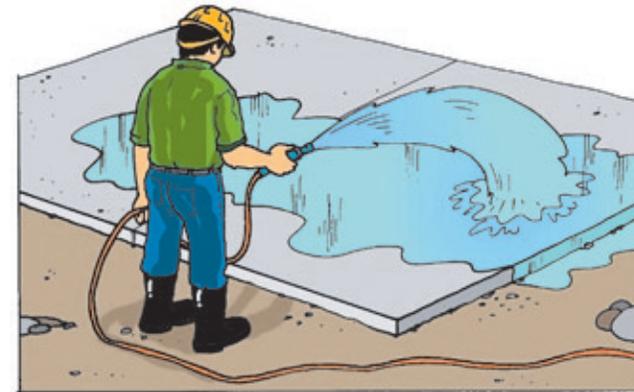
Una vez colocado el hormigón en el sitio, se debe machacar con una varilla lisa y recta que tenga una punta redondeada.

Este vibrado se debe hacer para eliminar las burbujas de aire en el hormigón y evitar futuras "cucarachas" o huecos en los elementos estructurales que debilitan su resistencia, rigidez y continuidad.



Curado

El hormigón necesita tiempo de curado porque no todas sus partículas reaccionan y se endurecen al mismo tiempo. El tiempo de curado es generalmente una semana. Durante este tiempo debe protegerse el hormigón del viento y del sol, y debe mantenerse tan húmedo como sea posible, especialmente los tres primeros días especialmente durante la exposición al sol. Para losas de techo, se recomienda tapan los bajantes e inundar la losa con agua por una semana. Se deben de instalar suficientes gatos para resistir el peso del hormigón nuevo y el agua.



..

◆ **Acero**

El acero de refuerzo (varillas) se identifica por números. Los más usados en la construcción de viviendas de uno y dos pisos se presentan en la tabla aquí incluida.

El refuerzo debe ser corrugado. Esto mejora la adherencia entre el hormigón y el acero.

Antes de vaciar el hormigón, se debe revisar que el refuerzo esté limpio de óxido (moho) 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 hormigón.

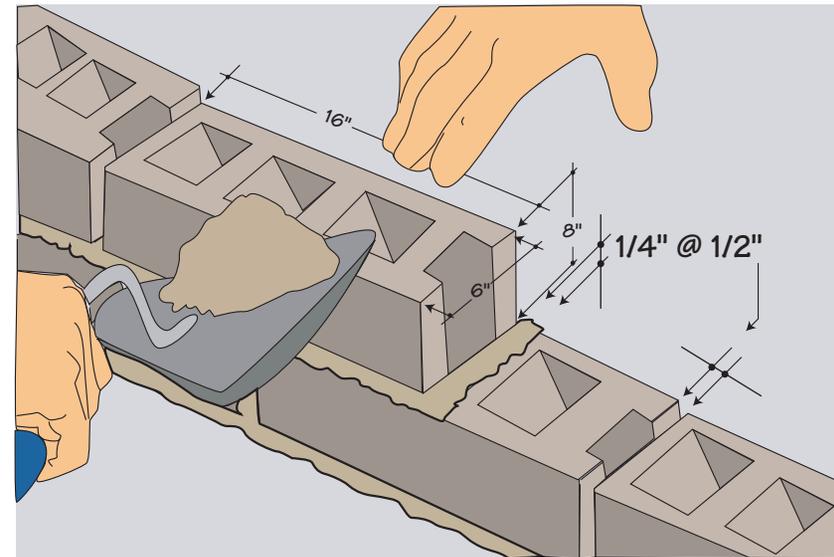
Identificación del acero		
Número	Pulgadas	Observaciones
3	3/8"	Usado para aros de vigas y columnas
4	1/2"	Usado para refuerzo longitudinal
5	5/8"	Usado para refuerzo longitudinal

◆ **Bloques de hormigón**

Los bloques para construir paredes deben colocarse totalmente secos.

◆ **Morteros (mezcla) para bloques**

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



CIMENTACIÓN

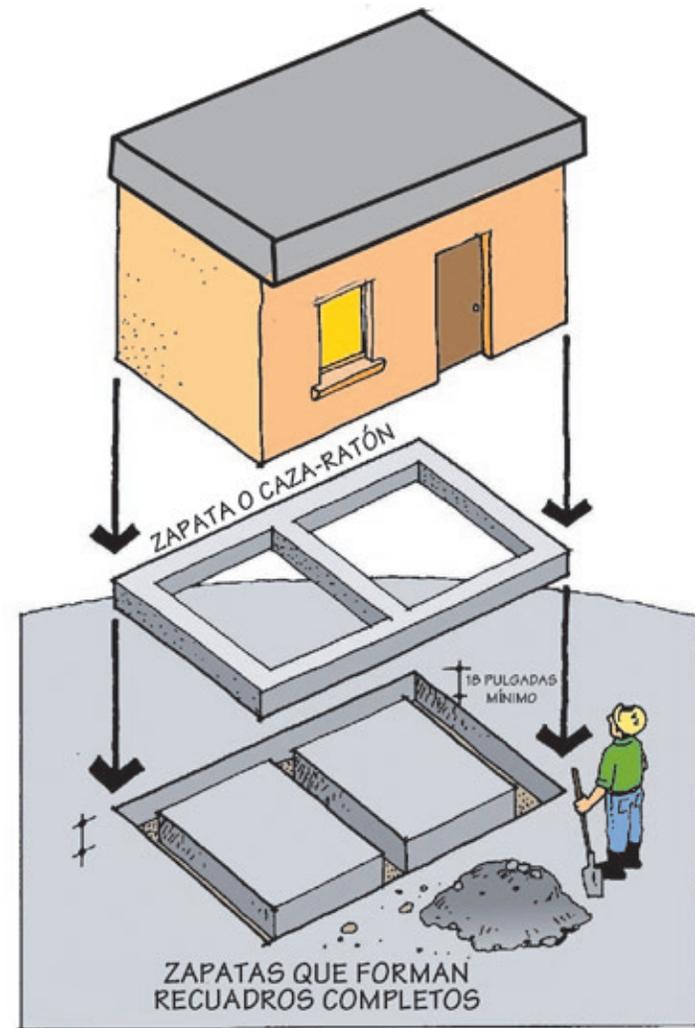
◆ Generalidades

La cimentación (zapatas) debe ser adecuada 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 contribuyen a asentamientos que son nocivos para la cimentación y que pueden afectar la estructura y facilitar daños en caso de sismo.

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

Las viviendas deben cimentarse siempre en un terreno estable y deben empotrarse por lo menos 18 a 24 pulgadas 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 conocer cómo ha sido el comportamiento de las construcciones vecinas, si se han agrietado o han tenido asentamientos. Evite suelos muy blandos y rellenos recientes. Para verificar la calidad del suelo, es útil hacer una fosa o hueco de una profundidad mínima de 6 pies. Una forma sencilla de saber si el terreno es blando o es firme consiste en tratar de enterrar una varilla número 4 (de 1/2") en el fondo de la excavación. 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 de piso se debe vaciar haciendo contacto con las paredes de la vivienda sobre un relleno compactado de material seleccionado.

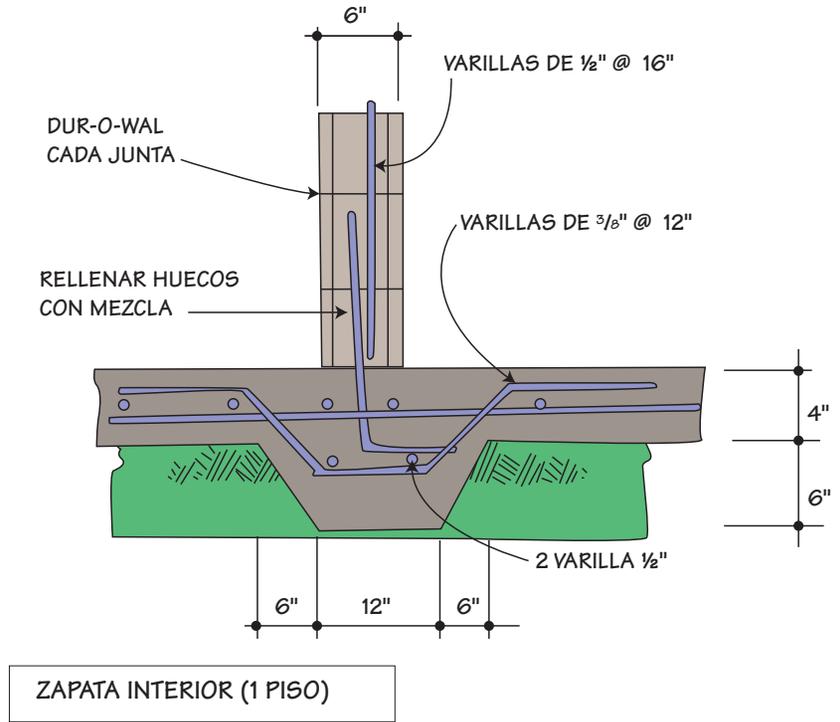
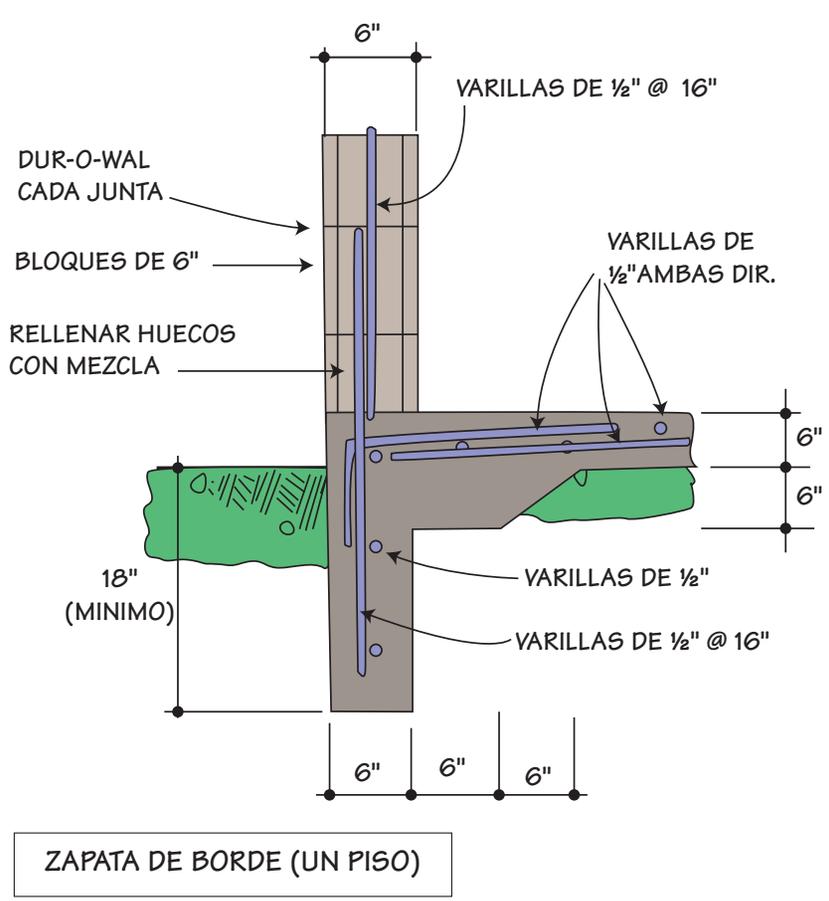
Los materiales no aptos, tales como suelos orgánicos o desperdicios, deben retirarse del sitio donde se hace la cimentación.

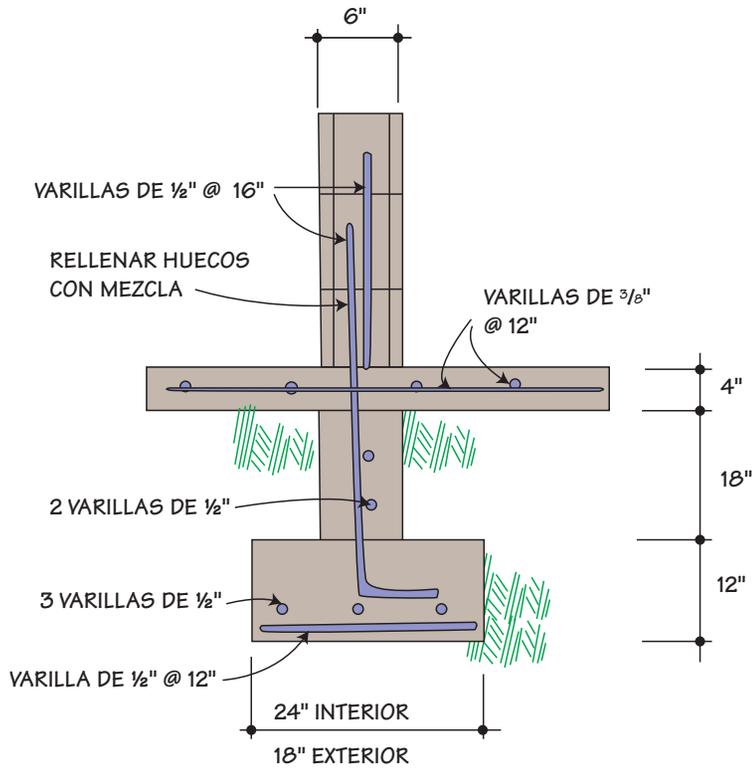
◆ Detalles de la cimentación

En suelos de poca resistencia, o cuando a cierta profundidad (menos de 3 pies) se encuentre un suelo de mayor resistencia al superficial, se recomienda construir los cimientos a esa profundidad.

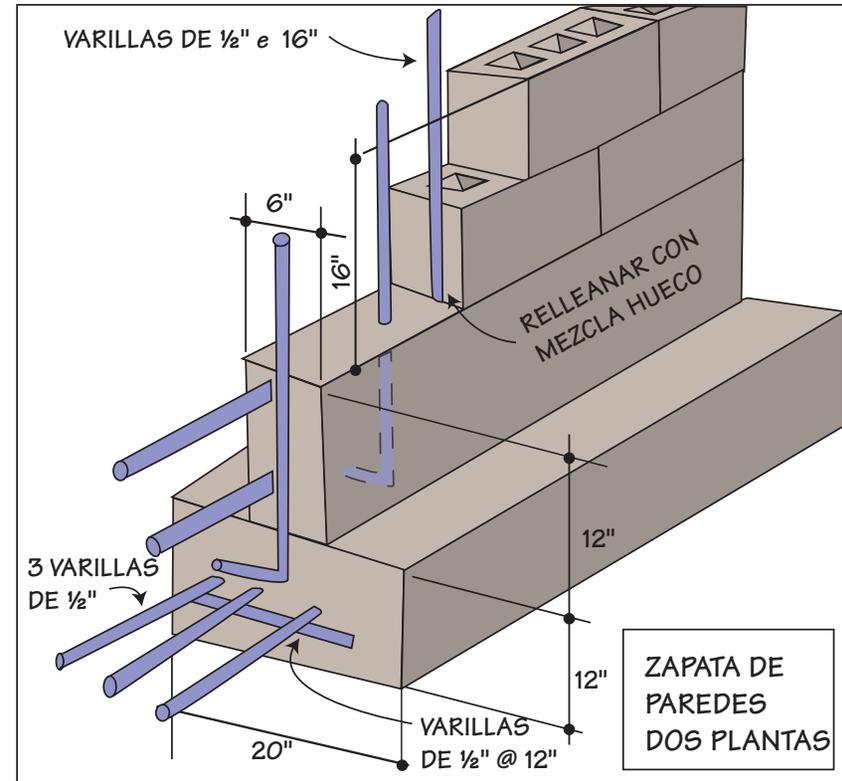
Para las residencias de un solo piso las zapatas se deben de fundir integrales con la losa de piso según muestran los detalles de zapata interior y exterior. El tapa-ratón o faldeta debe de tener una profundidad mínima de 18 pulgadas por debajo del punto más bajo del terreno a toda la vuelta de la casa.

Para las residencias de dos pisos es importante que las zapatas sean continuas debajo de todas las paredes. Se debe de fundir la zapata y el muro primero, luego la losa de piso y posteriormente la pared. Se debe de empatar todas las varillas por lo menos 24" para que haya continuidad.



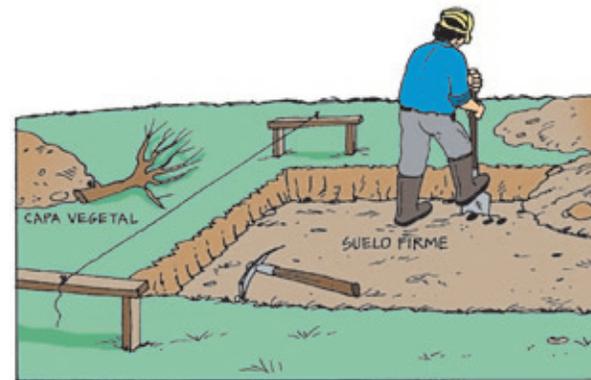


ZAPATA INTERIOR Y EXTERIOR (2 PISO)

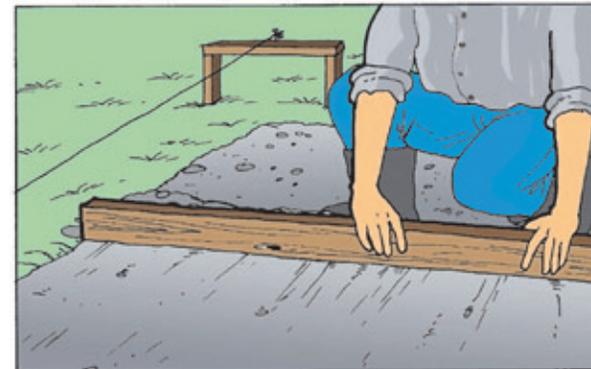


◆ Proceso de construcción

Para comenzar, hay que preparar todo el terreno limpiando toda la vegetación, basura y escombros. Se debe eliminar la capa vegetal (maleza, raíces, árboles) hasta encontrar suelo firme y competente.



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

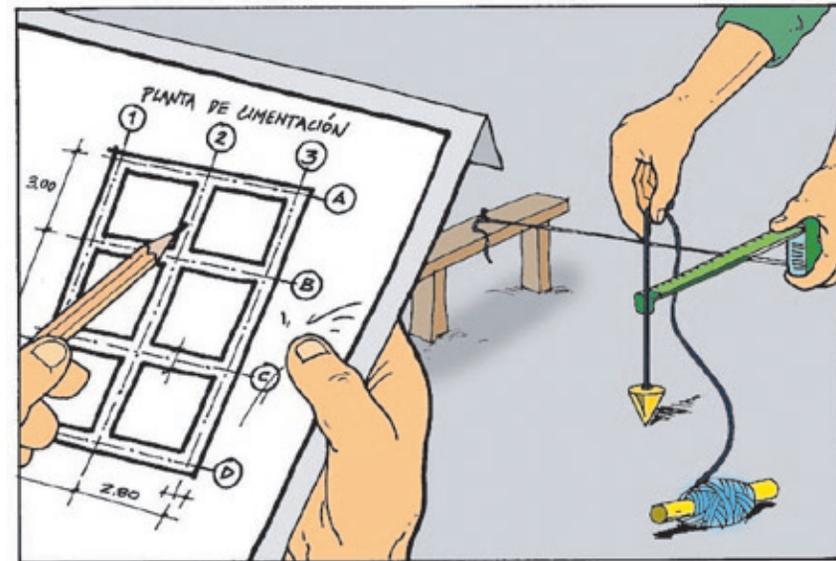


Humedezca y apisona (golpee con compactador) el terreno hasta volverlo firme y duro.



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

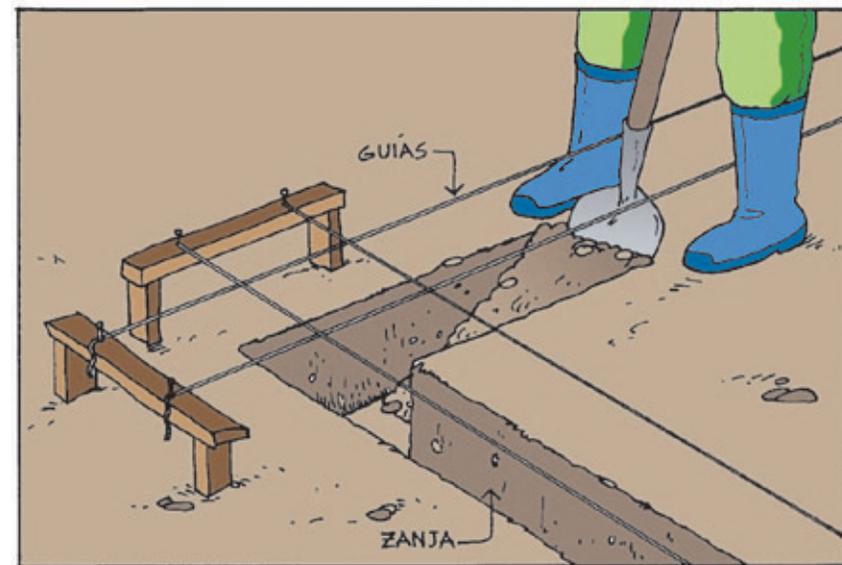
- Revisar la ubicación de los linderos.
- Marcar los cruces de las paredes o sus ejes.
- Ubicar los caballetes de replanteo (*batter board*).
- Definir el ancho de la excavación para las zapatas.



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

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

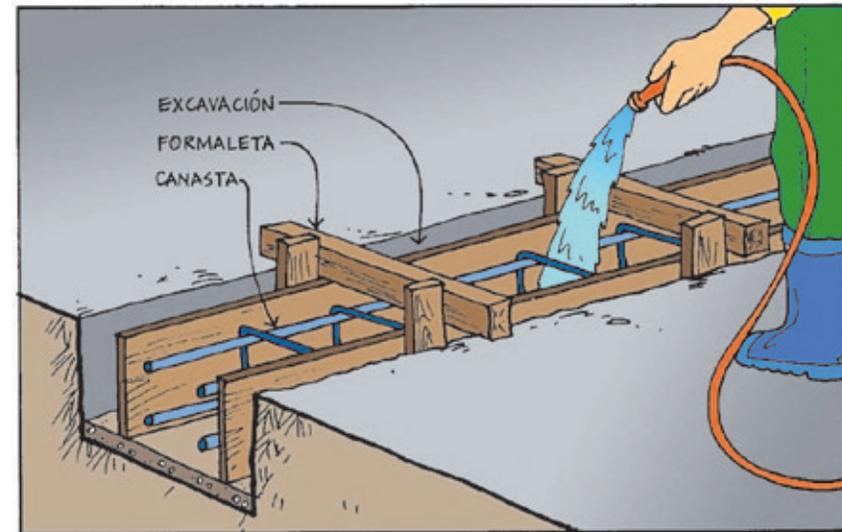
Evite el encharcamiento en las excavaciones donde se construyen las zapatas.



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

Antes de vaciar el hormigón, humedezca las caras laterales y el fondo de la formaleta. No deje agua empozada en las formaletas.

Cuando se esté vaciando el hormigón, deberá compactarse y vibrarse con una varilla y dando golpes a la formaleta. Esto es necesario para compactar adecuadamente el hormigón y no se formen cucarachas.



La superficie del hormigón deberá rastrearse para darle un acabado parejo. Esto facilitará la adherencia entre el hormigón y el mortero de pega.

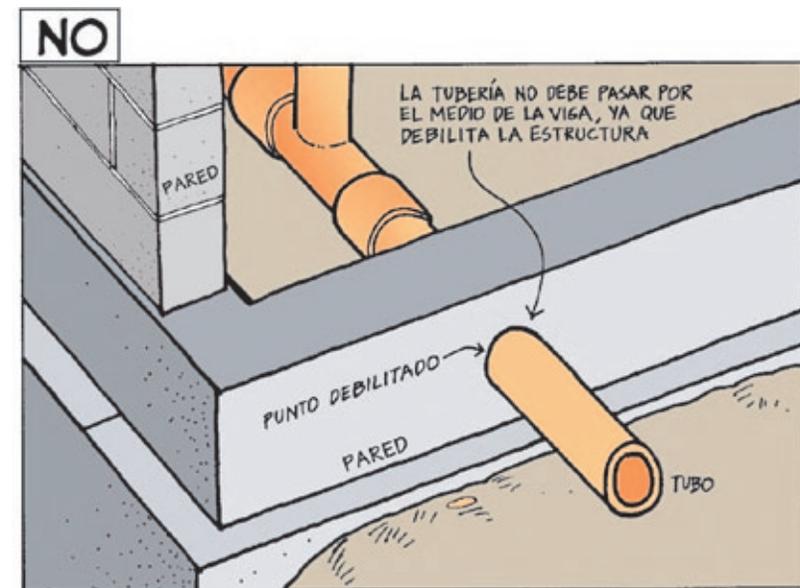
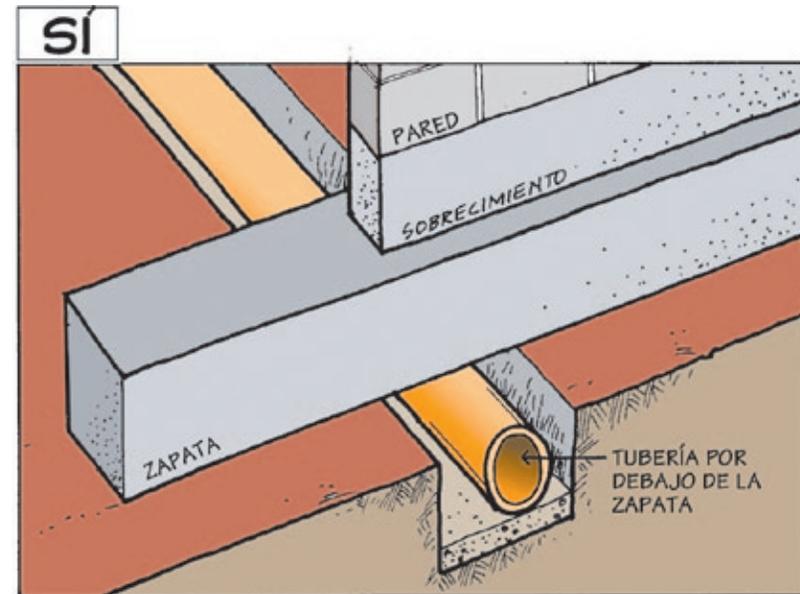
Finalmente, debe estriarse la superficie donde se van a colocar las paredes y los bloques.



◆ **Consideraciones sobre las tuberías**

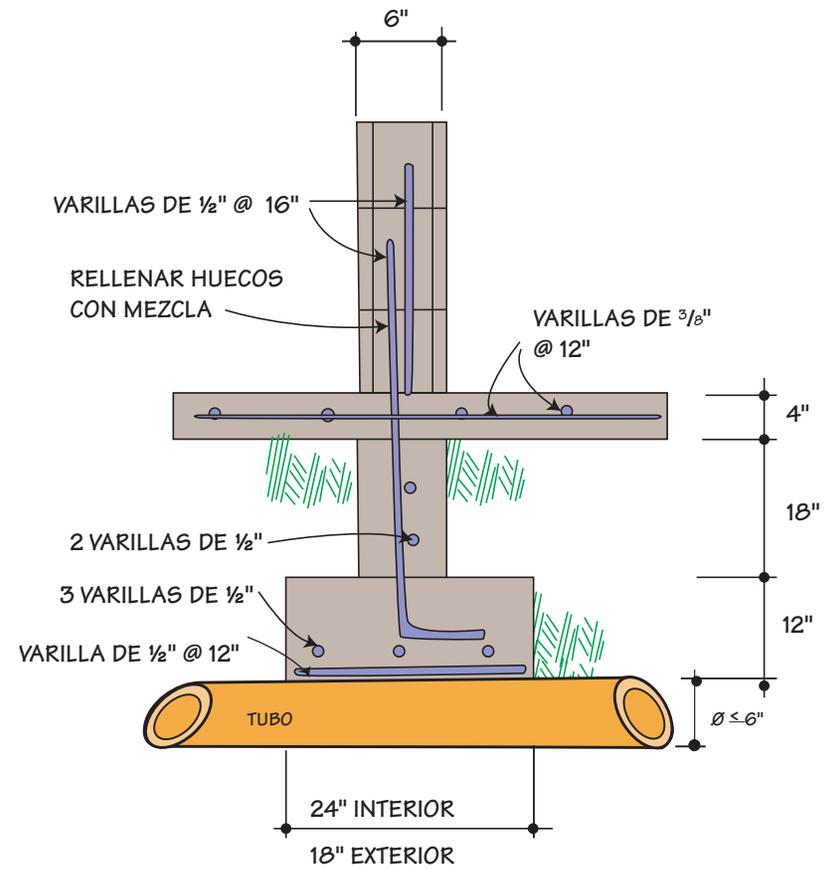
Cuando sea necesario pasar alguna tubería por debajo de la zapata, o “tapa-ratón”, procure realizar las excavaciones antes de vaciar el hormigón.

Cuando sea necesario pasar por encima de la zapata, 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 zapatas o las columnas, porque se debilita la estructura.

En caso que sea necesario ubicar la tubería debajo de la zapata, el diámetro de la tubería no deberá exceder el orden de 4 pulgadas y la tubería se mantendrá a distancia prudente de los bordes de la zapata.



PAREDES

◆ Generalidades

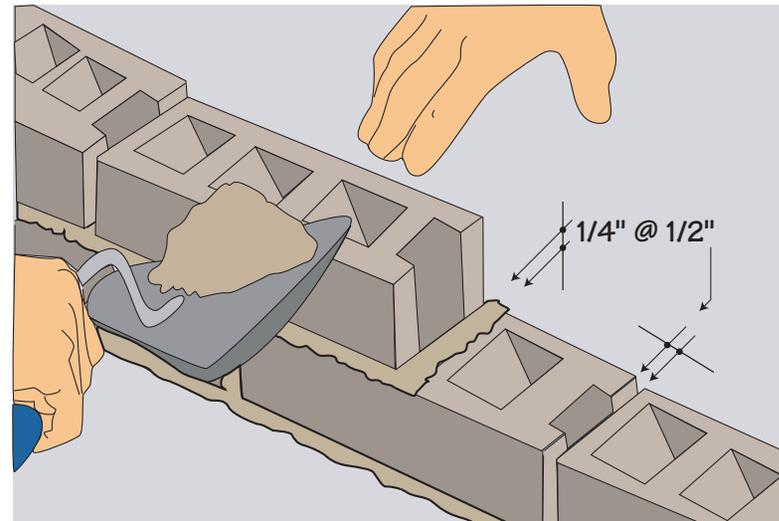
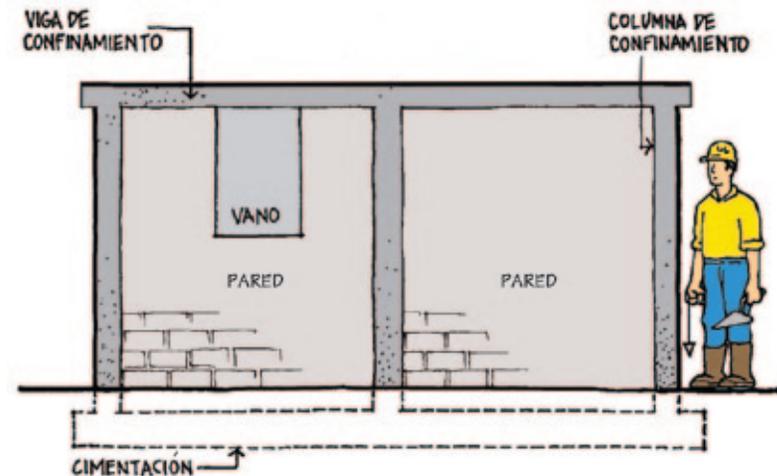
Para que una vivienda resista un sismo intenso, su estructura debe ser sólida, simétrica, uniforme y continua o bien conectada. Los cambios bruscos en sus dimensiones o su rigidez, la falta de continuidad, una configuración estructural desordenada o voladizos excesivos facilitan la concentración de fuerzas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

Las paredes estructurales de la vivienda son aquellas encargadas de transmitir las cargas verticales y horizontales hasta la cimentación. De las paredes estructurales depende la estabilidad de la construcción. Todas las paredes estructurales deben cumplir con los requisitos de refuerzo establecidos en este capítulo.

Por lo anterior, las paredes de las viviendas de uno y dos pisos tienen que estar bien pegadas, deben ser continuas en altura y deben estar confinadas mediante vigas y columnas a su alrededor.

◆ Colocación de bloques y mezcla

Las paredes deben construirse con los bloques contrapuestos y no en hilera. El espesor de la mezcla no debe ser menor de 1/4 de pulgada ni mayor de 1/2 pulgada. El espesor promedio ideal es del orden de 3/8 de pulgada.



◆ Cantidad mínima de paredes en cada dirección

Las paredes estructurales no deben ser muy esbeltas y deben tener los espesores mínimos indicados en la tabla aquí incluida.

La longitud mínima de las paredes estructurales se calcula así:

$$Lm = \frac{(Mo \times Ap)}{t}$$

Lm = Longitud mínima de paredes en pies

Mo = Coeficiente que se obtiene de la tabla adjunta

Ap = Área en pies cuadrados de la planta de la edificación.

Si el techo es liviana, de madera o zinc el *Ap* se puede reducir multiplicando por 0.67.

t = Espesor de las paredes (pulgadas)

Aa = 0.27 para el oeste de Puerto Rico y 0.21 para el este.

Espesor mínimo de paredes en pulgadas			
Amenaza sísmica	Número de niveles de construcción		
	Un piso	Dos pisos	
		1 ^{er} nivel	2 ^{do} nivel
Intermedia	6	6	6

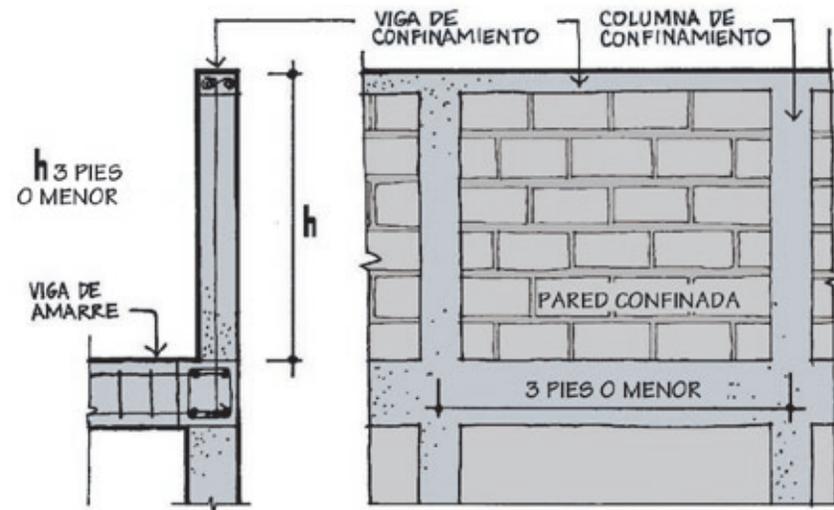
Valor Mo		
Zona sísmica	Aa	Mo
Intermedia	0.20	0.27
	0.15	0.21

◆ Detalles de las paredes

Las paredes de bloque deben estar confinadas por vigas y columnas de confinamiento. Deben ser continuas desde la cimentación hasta el techo, y no deben tener aberturas.

Los componentes no estructurales, como paredes divisorias, 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, las paredes divisorias y los 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

Hay una casa de un piso, de 20 pies de frente por 20 pies de fondo. La vivienda se encuentra en el municipio de Gurabo. El espesor de la pared es de 6 pulgadas (ver tabla de espesores mínimos). Entonces:

$$Ap = 20 \text{ pies} \times 20 \text{ pies} = 400 \text{ pies}^2$$

Para Gurabo el $Aa = 0.25$ y por lo tanto el $Mo = .021$, así:

$$Lm = \frac{(.21 \times 400)}{6} = 14.0 \text{ pies}$$

Luego, si el techo es de hormigón, será necesario construir 14 pies de paredes estructurales en cada una de las dos direcciones.

Si el techo es liviano, entonces:

$$Lm = 14 \text{ pies} \times 0.67 = 9.4 \text{ pies.}$$

Así, será necesario construir 9.4 pies de paredes estructurales en cada dirección.

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

Por ejemplo, para la misma casa de 20 pies x 20 pies construida en Gurabo, pero de dos pisos, la longitud de las paredes estructurales será:

Para el segundo piso:

La cantidad de paredes para el segundo piso será igual a la cantidad de paredes calculada para la vivienda de un piso equivalente, es decir se requerirán 14 pies de paredes estructurales en cada dirección si la techo es pesada, o 9.4 pies en cada dirección si la techo es liviana.

Para el primer piso:

$$Ap \text{ techo} = 20 \text{ pies} \times 20 \text{ pies} = 400 \text{ pies}^2$$

$$Ap \text{ entrepiso} = 20 \text{ pies} \times 20 \text{ pies} = 400 \text{ pies}^2 \quad Ap \text{ total} = 400 \text{ pies}^2 + 400 \text{ pies}^2 = 800 \text{ pies}^2 \text{ con } Aa = 0.25, Mo = .21.$$

$$Lm = \frac{(.21 \times 800)}{6} = 18.8 \text{ pies}$$

Si la techo es de hormigón será necesario construir 18.8 pies de paredes estructurales en las dos direcciones en el primer piso.

Si el techo es liviano, entonces: en total son 9.4 pies + 14.0 pies = 23.4 pies.

Si el techo es liviano y el entrepiso es de hormigón, será necesario construir 11.5 pies de paredes en el primer piso.

◆ Proceso de construcción

Sobre la zapata o cimiento se deben definir las dimensiones de las columnas, las paredes y los vanos o huecos de las puertas, ventanas y corredores.

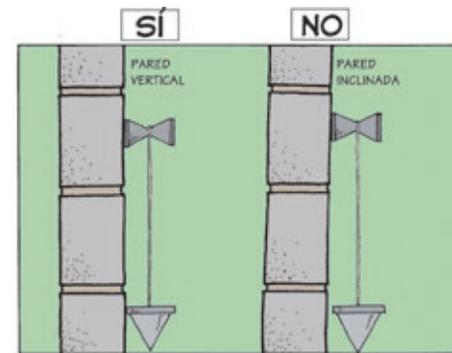
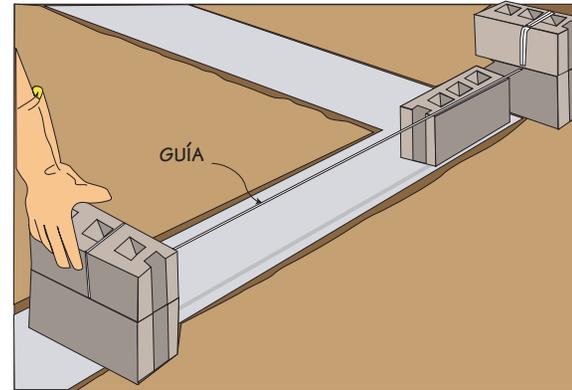
La primera hilera debe colocarse en seco para evitar errores en el resto de la pared.

La mezcla de mortero se coloca en la cara superior de la zapata, o sobre la pared. Sobre esta se van colocando los bloques uno a uno, verificando el alineamiento y golpeándolos hasta lograr el tamaño y la uniformidad deseados para la junta.

Las hileras tanto horizontales como verticales deben quedar rellenas de mortero entre bloque y bloque. Siempre se debe comprobar la alineación y el aplomo o verticalidad de la pared en el proceso de construcción.

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

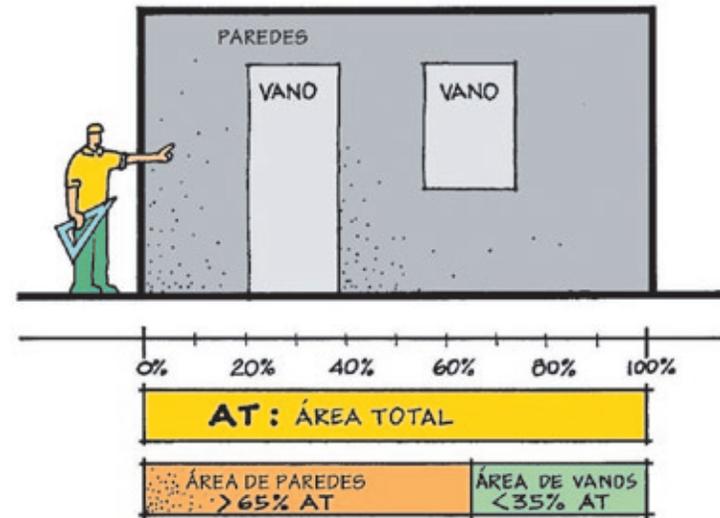
La plomada sirve para comprobar que la pared quede vertical. La plomada debe dejarse caer suavemente contra la pared. Si el plomo roza la pared, está vertical. Si el plomo queda muy separado o recostado, la pared está inclinada y hay que rectificar su verticalidad.



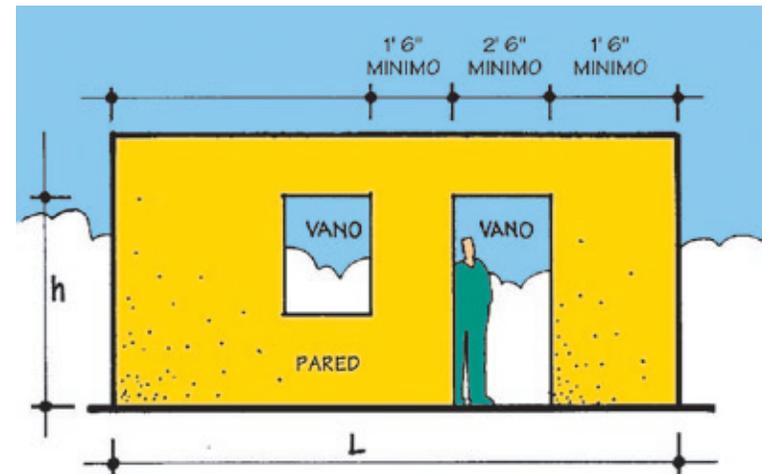
HUECOS EN LAS PAREDES

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

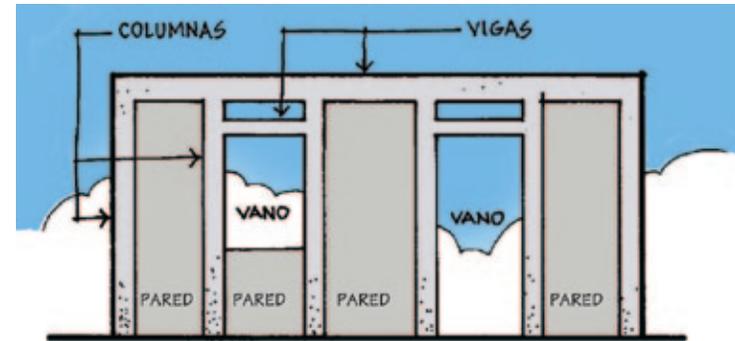
El área total de los vacíos (huecos) de una pared no debe ser mayor que el 35% del área total de la pared.



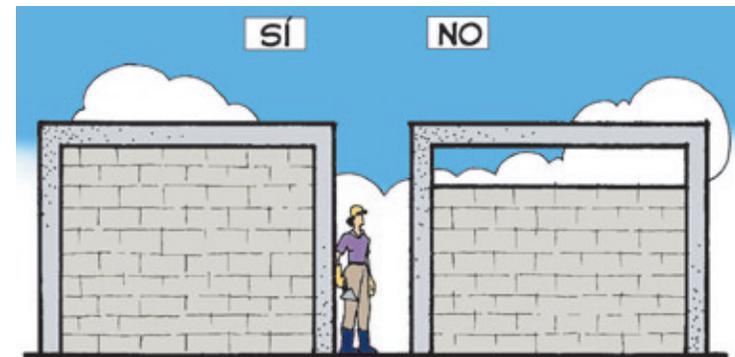
Debe haber distancia suficiente entre los huecos de una misma pared. La distancia mínima entre huecos debe ser mayor de 18 pulgadas y en todo caso debe ser mayor que la mitad de la dimensión menor de la abertura.



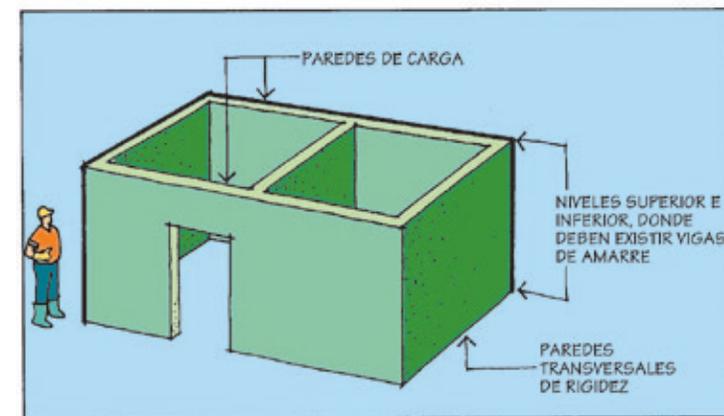
Los huecos se deben reforzar con vigas y columnas alrededor de ellos y la longitud total de los huecos debe ser menor que la mitad de la longitud total de la pared.



No se deben dejar espacios en la parte superior de la pared, cerca de la columna de confinamiento. Un sismo puede hacer fallar la columna fácilmente si la pared no llega hasta el techo de la vivienda. Esta situación se conoce como "efecto de la columna corta", dado que la fuerza sísmica se concentra en el tramo de columna que no tiene pared.



Las paredes deben quedar apoyadas sobre la zapata o pared de cimiento y deben estar coronadas por vigas de confinamiento a nivel de la techo, o del entrepiso si 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 ocurra un terremoto.



COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO

◆ Generalidades

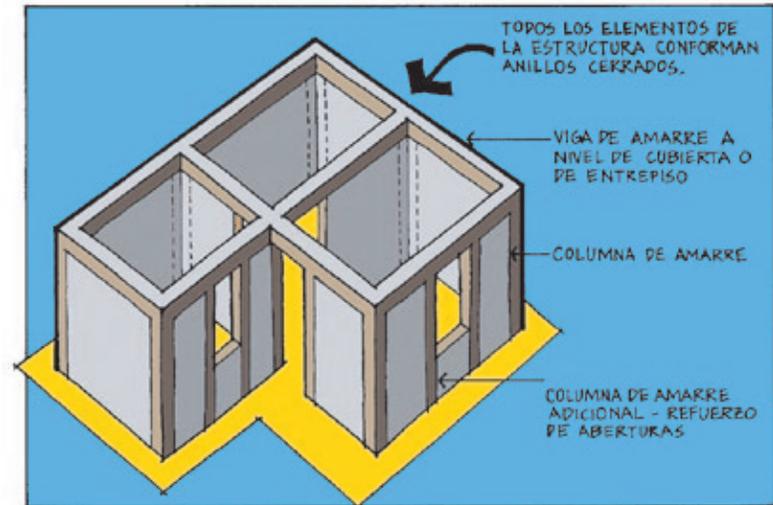
Una vivienda debe ser capaz de soportar deformaciones en sus componentes sin que estos se dañen gravemente o se degrade su resistencia. Cuando una estructura no es dúctil, podrá colapsar total o parcialmente al iniciarse su deformación por la acción sísmica. Al degradarse su rigidez y su resistencia,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

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

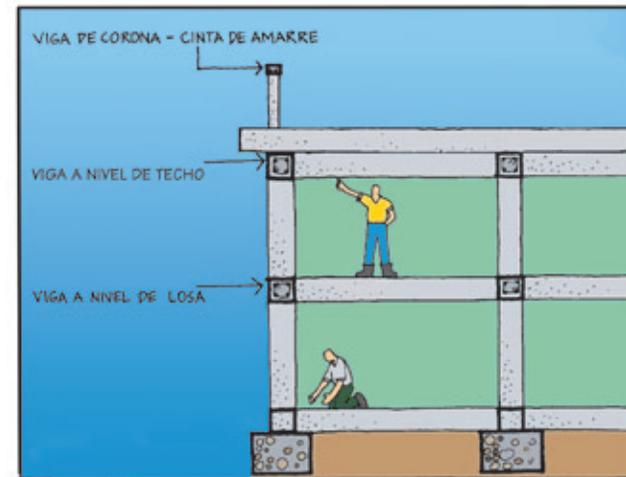
Las columnas y vigas se construyen después de haberse levantado en su totalidad la pared que van a confinar.



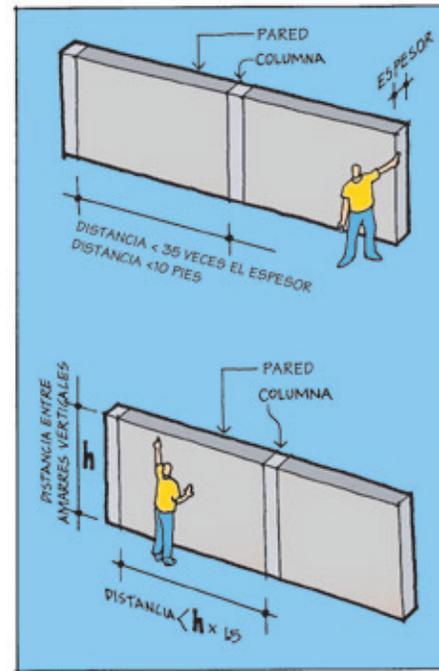
Deben construirse en lo posible amarres y elementos de confinamiento alrededor de todas las paredes y los huecos de la estructura.



Todas las paredes estructurales deben amarrarse entre sí mediante una viga de coronación en la parte superior de las mismas o en la losa del entrepiso. La viga de amarre debe ser al menos del mismo espesor de la pared y de un mínimo de 12 pulgadas de altura.



Se deben construir columnas de confinamiento en los extremos de las paredes, en la intersección de paredes estructurales y en puntos intermedios a distancias no mayores de 35 veces el espesor de la pared, o 1.5 veces la distancia entre los amarres verticales, o un máximo de 15 pies.



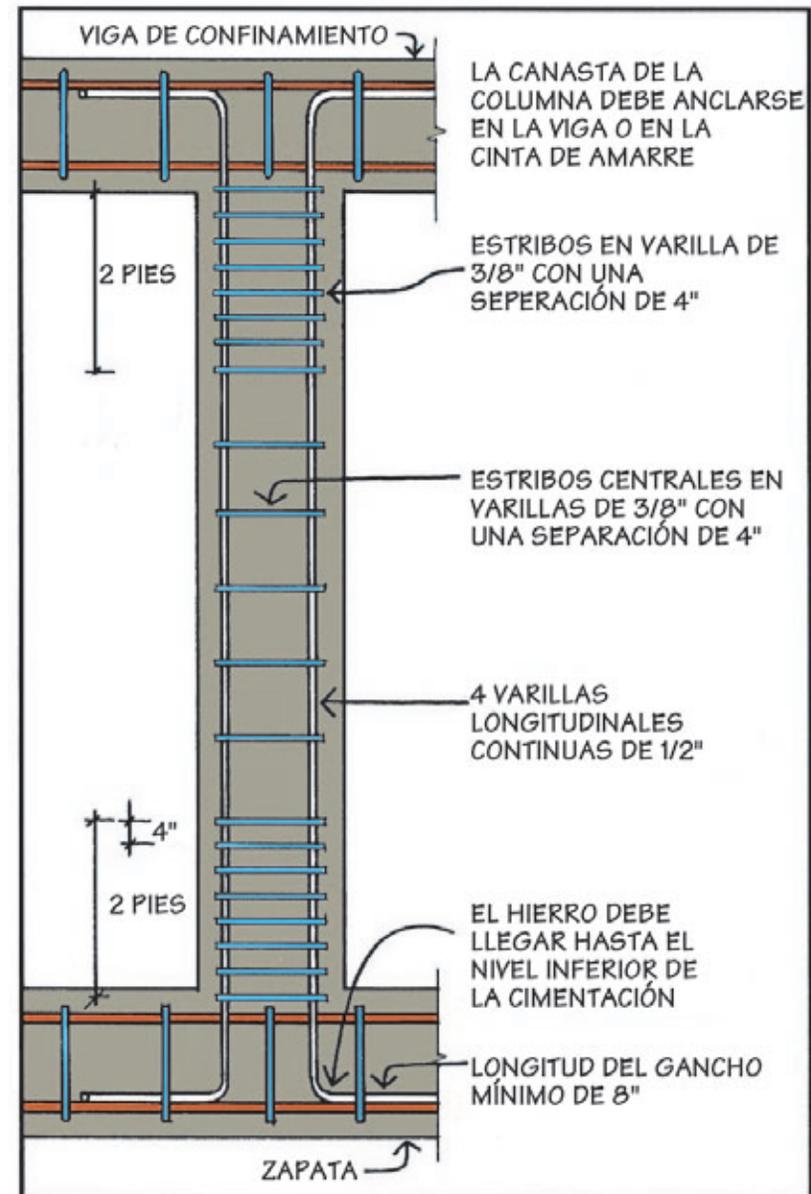
◆ Columnas de confinamiento

El refuerzo mínimo que debe colocarse en las columnas de confinamiento es el indicado en la ilustración aquí incluida.

La sección mínima de las columnas de confinamiento debe ser 72 pulgadas cuadradas. Su ancho mínimo debe ser igual al ancho de la pared.

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

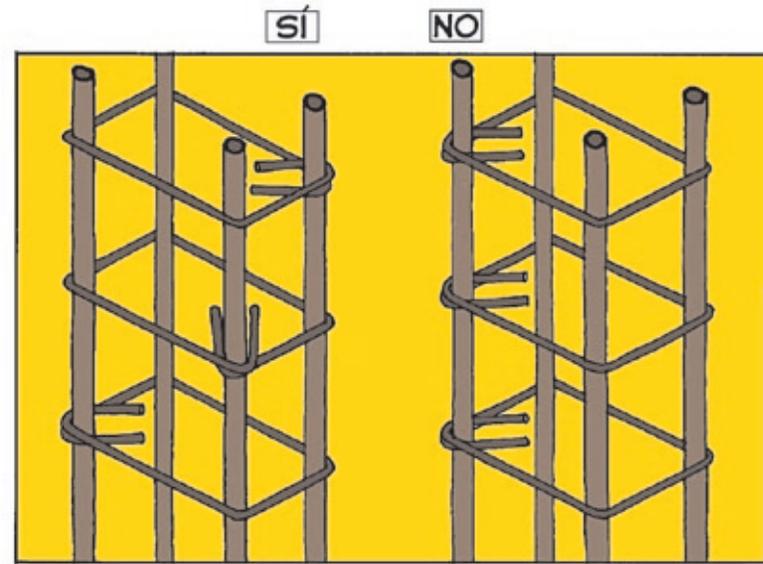
No se deben doblar las varillas que se encuentren ancladas en el hormigón recién fraguado o endurecido. Todas las varillas se deben doblar antes de ser instaladas.



El acero debe tener una resistencia mínima de 60,000 psi.

La columna debe ir de la zapata hasta la viga superior y su armadura debe contar con los respectivos anclajes y empalmes de sus varillas, de manera que se logre la continuidad de los elementos de confinamiento.

El doblado de los aros debe ser de un mínimo de 3 pulgadas en ambos extremos, y el amarre mediante alambre debe ser en forma de 8 o pata de gallina. Debe utilizarse varillas núm 3 para los aros de las vigas y columnas.



Los aros deben estar bien amarrados para lograr un buen confinamiento del hormigón en el interior de la columna o la viga de amarre.

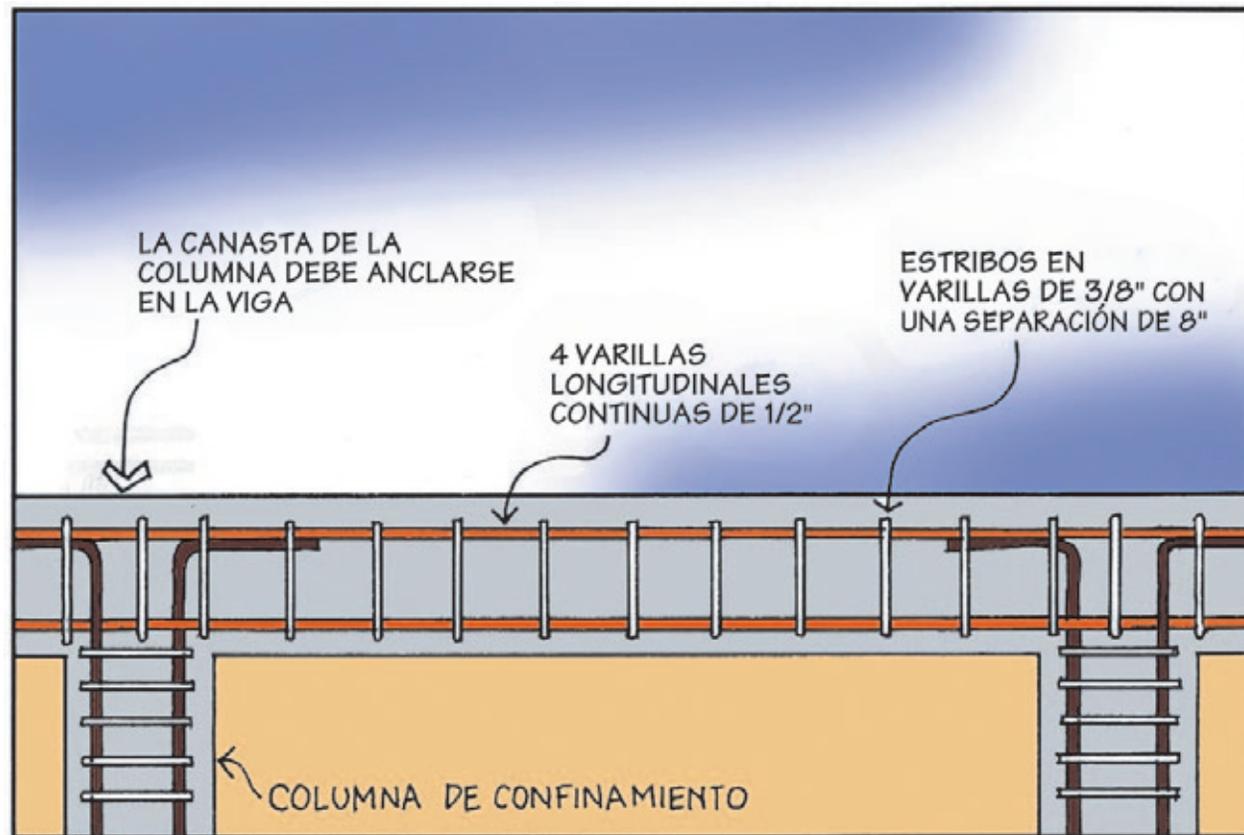
Si los aros quedan mal doblados o anclados, pueden perder su configuración durante un sismo y su función de confinamiento se anulará. De esta manera, el elemento estructural puede perder su capacidad de carga.

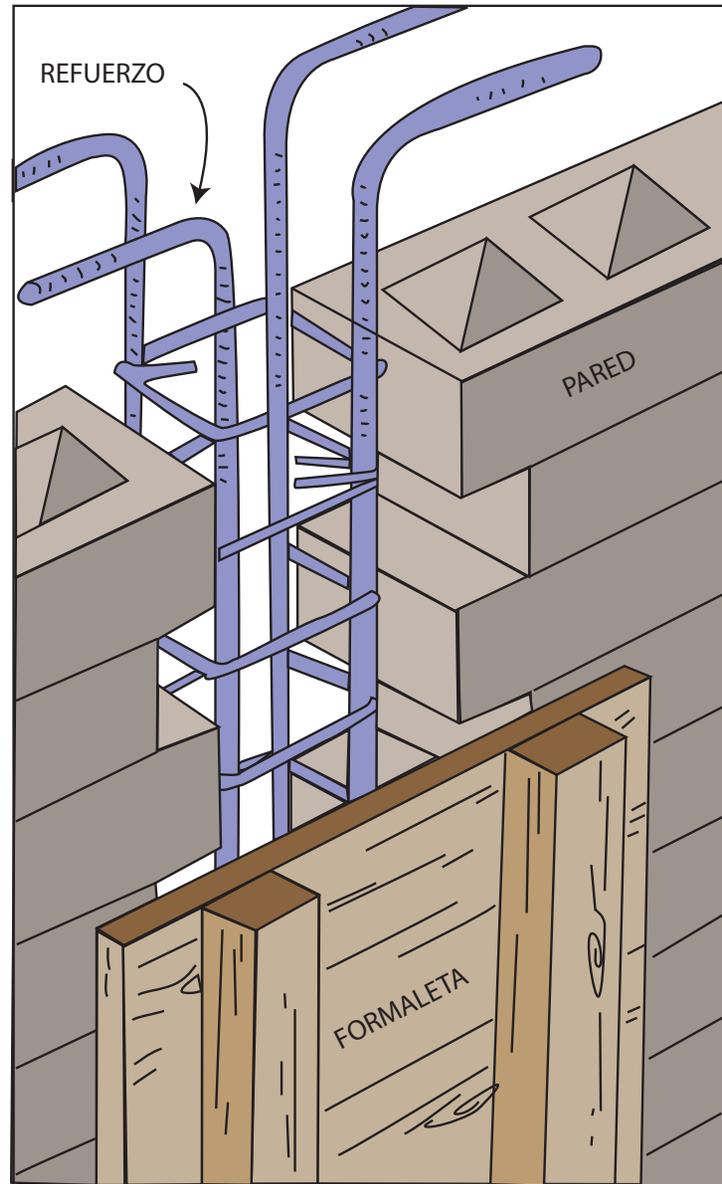


◆ Vigas de confinamiento

La armadura de los aros en las vigas es similar a la de las columnas, con la diferencia de que todos los estribos pueden estar separados un máximo de 6 pulgadas entre sí.

En los cruces de las paredes, las varillas deben formar ángulos rectos y sus empalmes deben tener una longitud mínima de 40 veces el diámetro de la varilla que se traslapa, o 20 pulgadas.

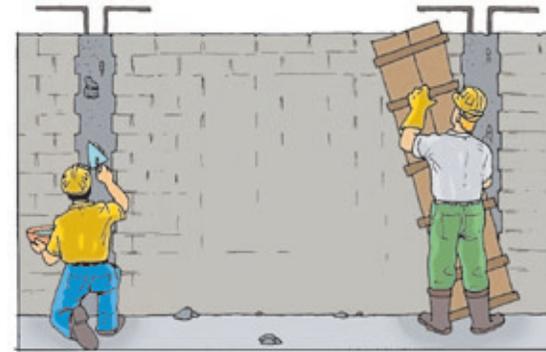




Detalle de la colocación de la formaleta y del acero de refuerzo

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

En caso de cucarachas o vanos, deben rellenarlos con hormigón tan pronto como sea posible.



Para evitar cucarachas o vanos, no olvide compactar el hormigón y golpear la formaleta para garantizar la adecuada vibración y compactación del hormigón.



El hormigón 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 hormigón es fundamental para garantizar la buena calidad y resistencia del material a largo plazo.

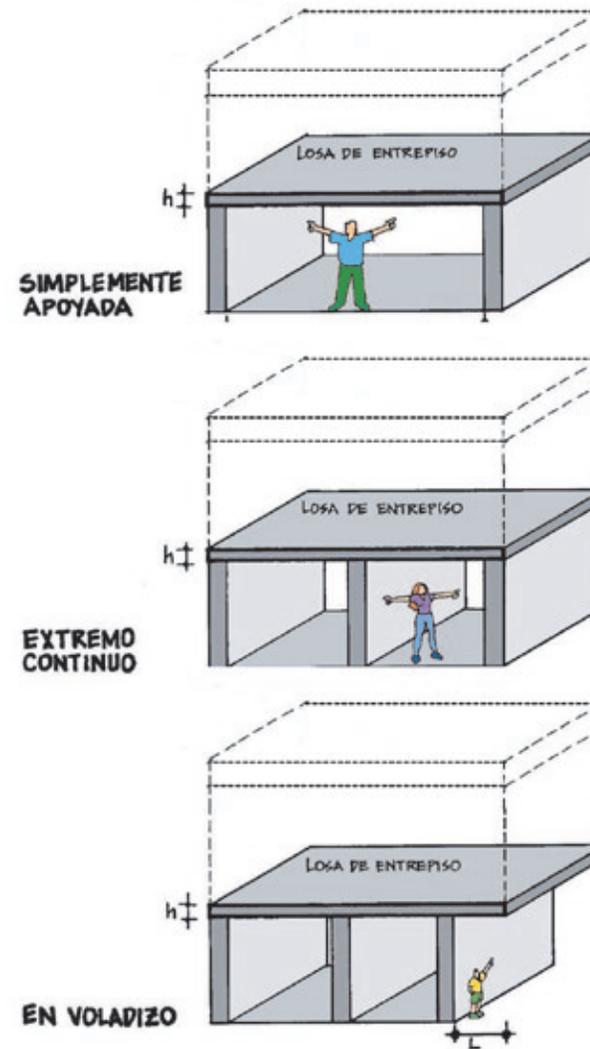


LOSAS DE PISO Y TECHO

Las losas de piso deben ser lo suficientemente rígidas para garantizar que todas las paredes se muevan uniformemente en caso de sismo, y el techo debe ser estable ante las cargas laterales, razón por la cual es necesario arriostrarlo y anclarlo a las paredes o vigas de soporte.

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

TIPO DE LOSA	CONDICIÓN DE APOYO		
	Simplemente apoyada	Apoyo continuo	Continuo con voladizo
Sólida	L/20	L/24	L/10



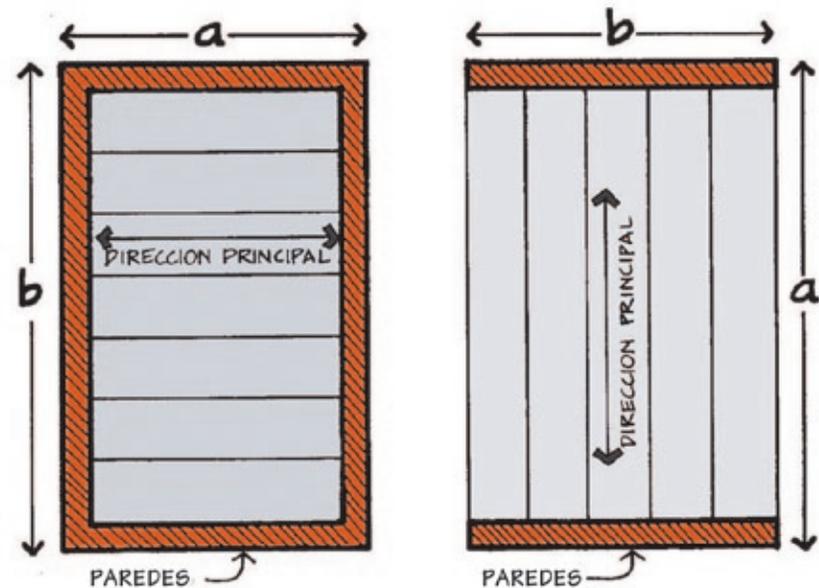
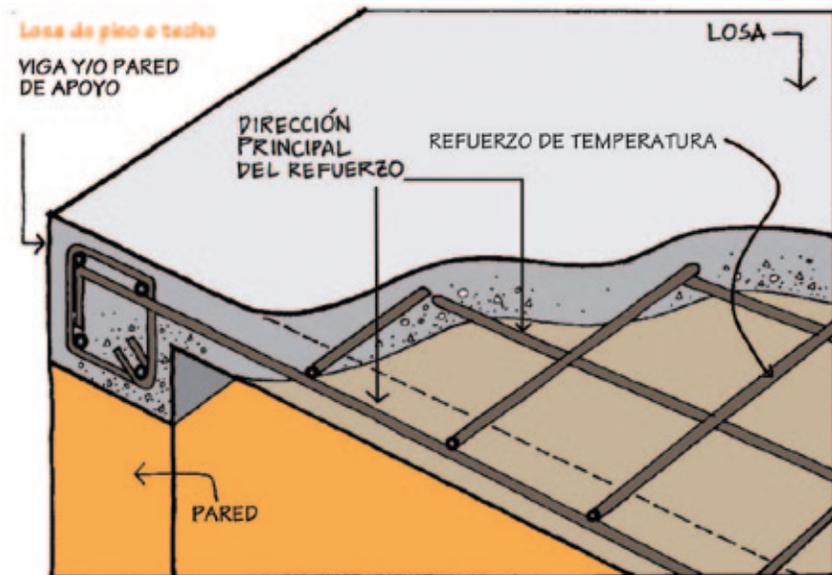
◆ **Losas sólidas**

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

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

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



El refuerzo o acero que se le colocará 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 (pies)	Espesor (pulg)	REFUERZO	
		Principal (a)	Secundario (b)**
13.0 – 7.0	4	1 varilla de 1/2" cada 12 pulg	1 varilla de 3/8" cada 12 pulg
7.1 – 10.0	4.5	1 varilla de 1/2" cada 9 pulg	1 varilla de 3/8" cada 9 pulg
10.1 – 13.0	7	1 varilla de 1/2" cada 8 pulg	1 varilla de 3/8" cada 8 pulg

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

Ejemplo

Hay una planta de 20 pies x 20 pies con paredes intermedias como se ilustra en la figura. En este caso, se puede dividir la losa de piso en 4 zonas.

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

La **parte 1** tiene 8.0 pies de luz y 6.5 pies de ancho. Como está apoyada en dos extremos, la dirección principal será de 8.0 pies (dirección principal). Según la tabla, para esta luz es necesario un espesor de 4 pulgadas.

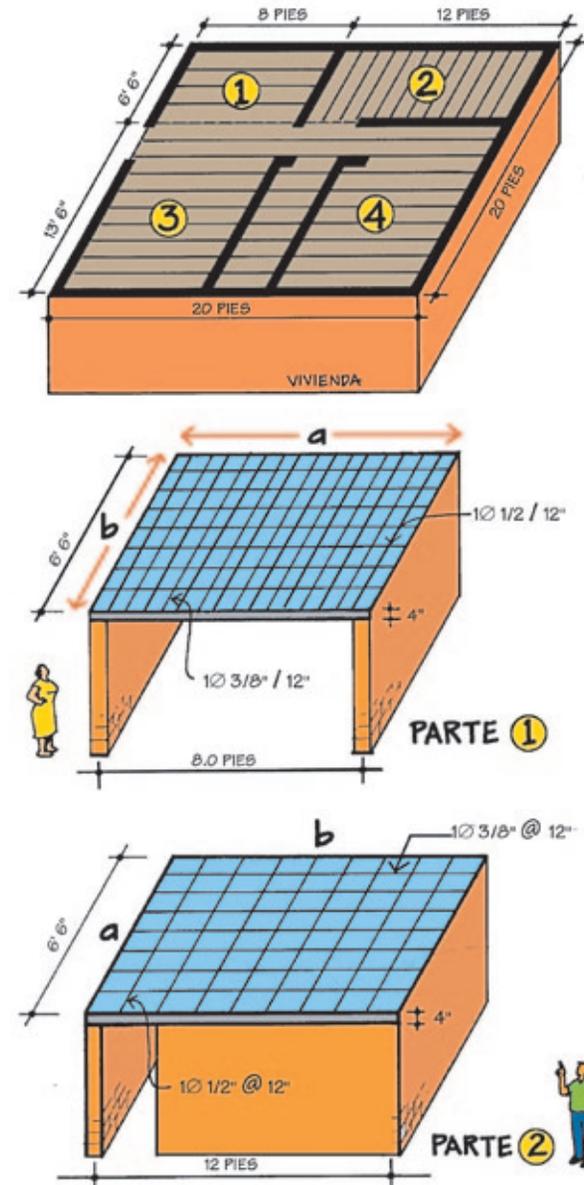
El refuerzo necesario es 1 varilla de 1/2" (o sea, núm. 4) colocada cada 12 pulgadas en la dirección de los 8.0 pies. Para la dirección de los 6.5 pies es necesario colocar una varilla de 3/8" cada 12 pulgadas.

Para la **parte 2**, como está apoyada en los 4 lados, se toma como dirección principal la luz de 6.5 pies.

Esta parte necesita un espesor de 4 pulgadas y un refuerzo de 1/2" cada 12 pulgadas en la dirección principal y de 3/8" cada 12 pulgadas en la dirección secundaria (la de 12 pies).

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

Si se hubieran escogido los 12 pies como dirección principal para la parte 2, el espesor necesario hubiera sido de 7 pulgadas. Por eso es mejor escoger el lado más corto cuando la losa está apoyada en los cuatro lados.



◆ Proceso de construcción de losas sólidas

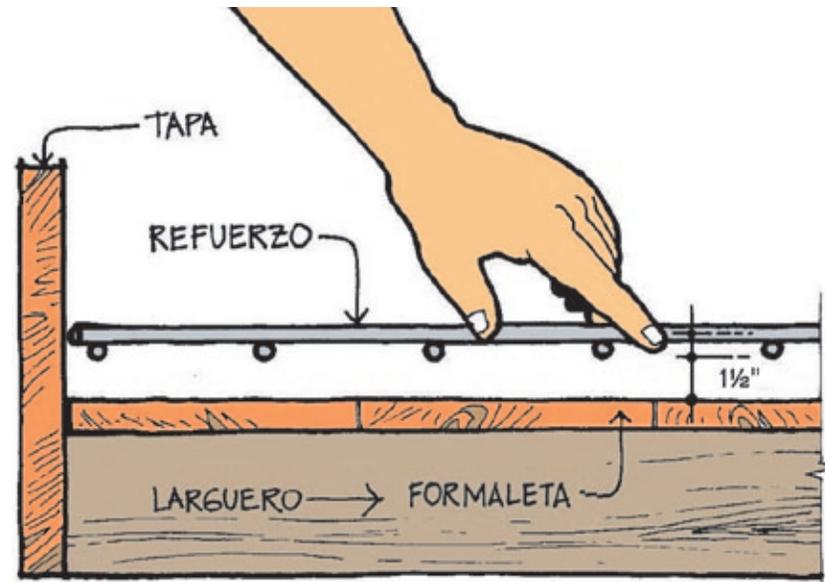
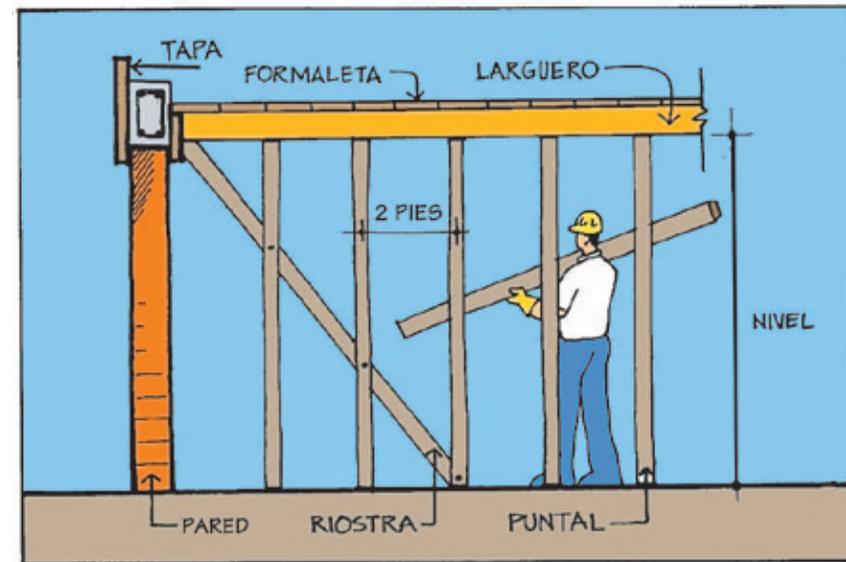
Preparación: Se deben preparar los materiales, consultar las especificaciones (forma, espesor, etc.) y nivelar el piso desde donde se van a tomar las medidas.

Apuntalado: Se colocan los largueros paralelos a las paredes, apoyados sobre puntales cada 2 pies. Se procede a nivelar los largueros y pivelar los puntales. Los puntales se deben arriostrar (sostener con diagonales) para evitar que se caigan por un desplazamiento lateral.

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

Armado el refuerzo: El refuerzo calculado se debe colocar sobre la formaleta, apoyado de tal forma que al vaciar el hormigón el refuerzo quede totalmente rodeado por este. El recubrimiento mínimo de hormigón sobre el acero debe ser de 1 ½ pulgada.

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



OTROS DETALLES DE CONSTRUCCIÓN

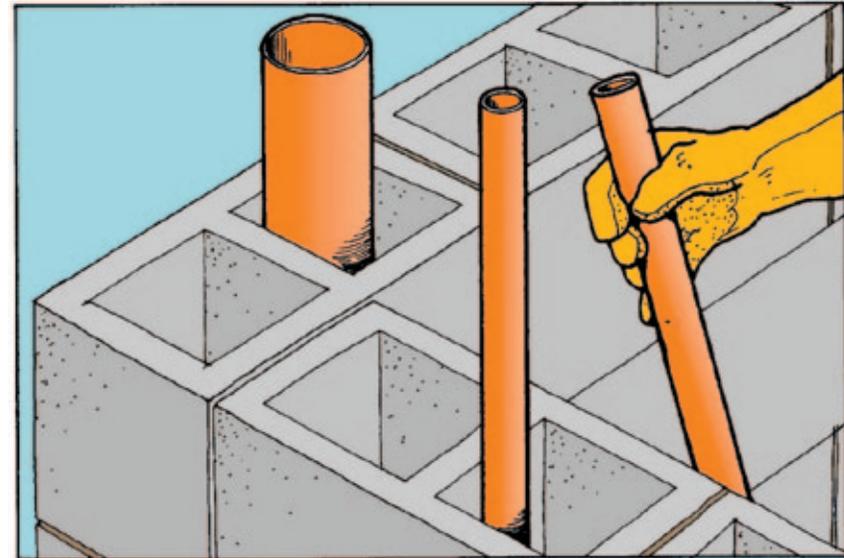
◆ Instalaciones eléctricas

Las habitaciones requieren como mínimo un receptáculo eléctrico. La cocina requiere una toma trifásica para la estufa y tomas adicionales para la nevera y demás aparatos electrodomésticos.

En todo momento se debe cuidar que los cables mantengan su aislamiento para evitar cortocircuitos 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 hormigón de perforación vertical, es posible introducir los tubos de PVC dentro de las cavidades de los bloques. Trate de minimizar las corridas en paredes estructurales. No deben hacerse corridas que crucen la totalidad de la pared de lado a lado o de arriba hasta abajo. Las tuberías deben conducirse principalmente por la losa de piso.



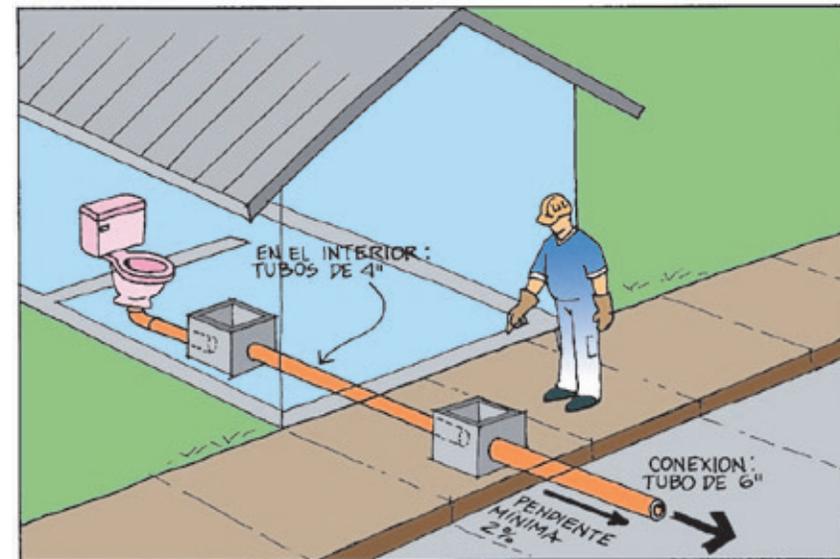
◆ Instalaciones sanitarias

Por su 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 y permitir la entrada y la salida del aire.

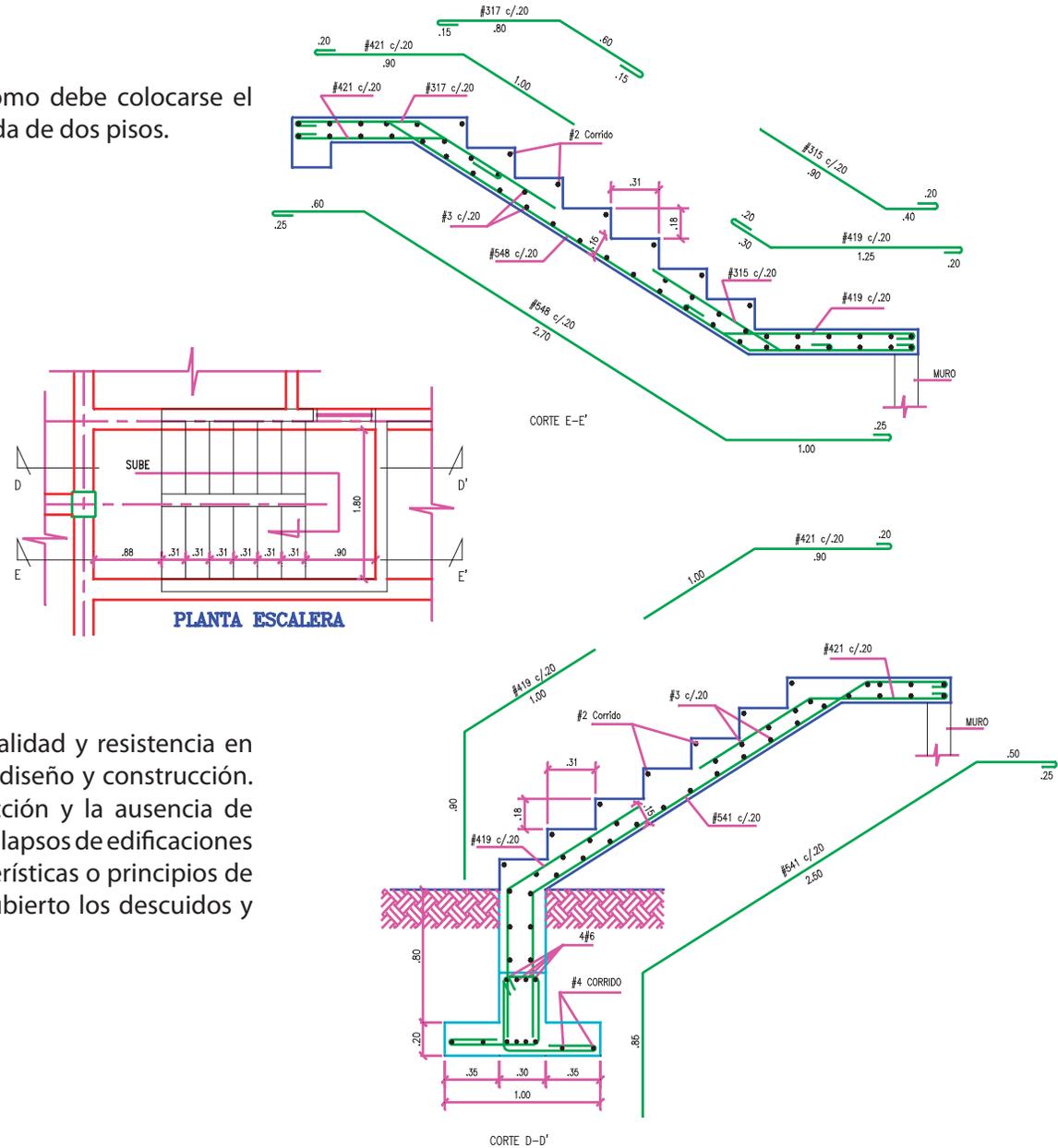
En caso de requerirse corridas en la pared para introducir la tubería, el diámetro de la tubería no debe exceder $\frac{1}{3}$ del espesor de la pared. El ancho mínimo de las excavaciones para colocar la tubería de desagüe debe ser 12" , porque de otra forma la instalación resulta dispendiosa y puede quedar con problemas.

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



◆ Escaleras

En la ilustración se presenta un detalle de cómo debe colocarse 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 en 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 han sido causa de daños y colapsos de edificaciones que aparentemente cumplen con otras características o principios de la sismorresistencia. Los sismos dejan al descubierto los descuidos y errores que se hayan cometido al construir.

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS

CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE VIVIENDAS SEGÚN EL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN DE PAREDES Y COLUMNAS

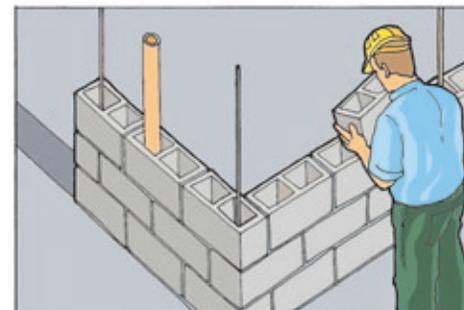
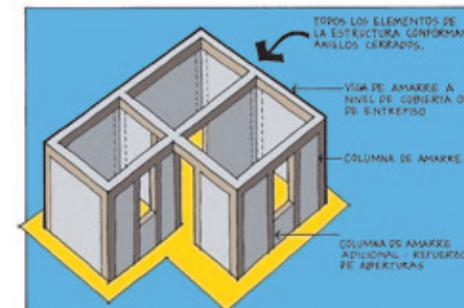
Las viviendas pueden clasificarse en diferentes tipos según el sistema de construcción de las paredes de soporte principales.

Bloques confinados

El método de construcción de paredes confinadas de bloques de hormigón se basa en la colocación de bloques para conformar la pared, que luego se confina con vigas y columnas de hormigón reforzado vaciadas en el sitio.

Bloques reforzados

El sistema de bloques reforzados se fundamenta en la construcción de paredes con bloques de hormigón de perforación vertical, unidos por medio de mortero, reforzados internamente con varillas y/o alambres de acero. Este sistema permite inyectar con mortero de relleno todas sus celdas, o solo las celdas verticales que llevan refuerzo. El refuerzo se distribuye dependiendo de la demanda impuesta a la pared en cuanto a cargas externas. Se instalan mallas de metal (Dur-o-Wall) horizontalmente y sujetadas en sus extremos con cola de pato (ducktail).



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:

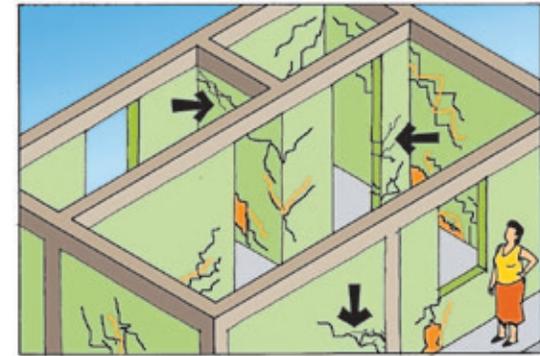
Techos



Losas de entrepiso



Columnas de soporte



Paredes divisorias

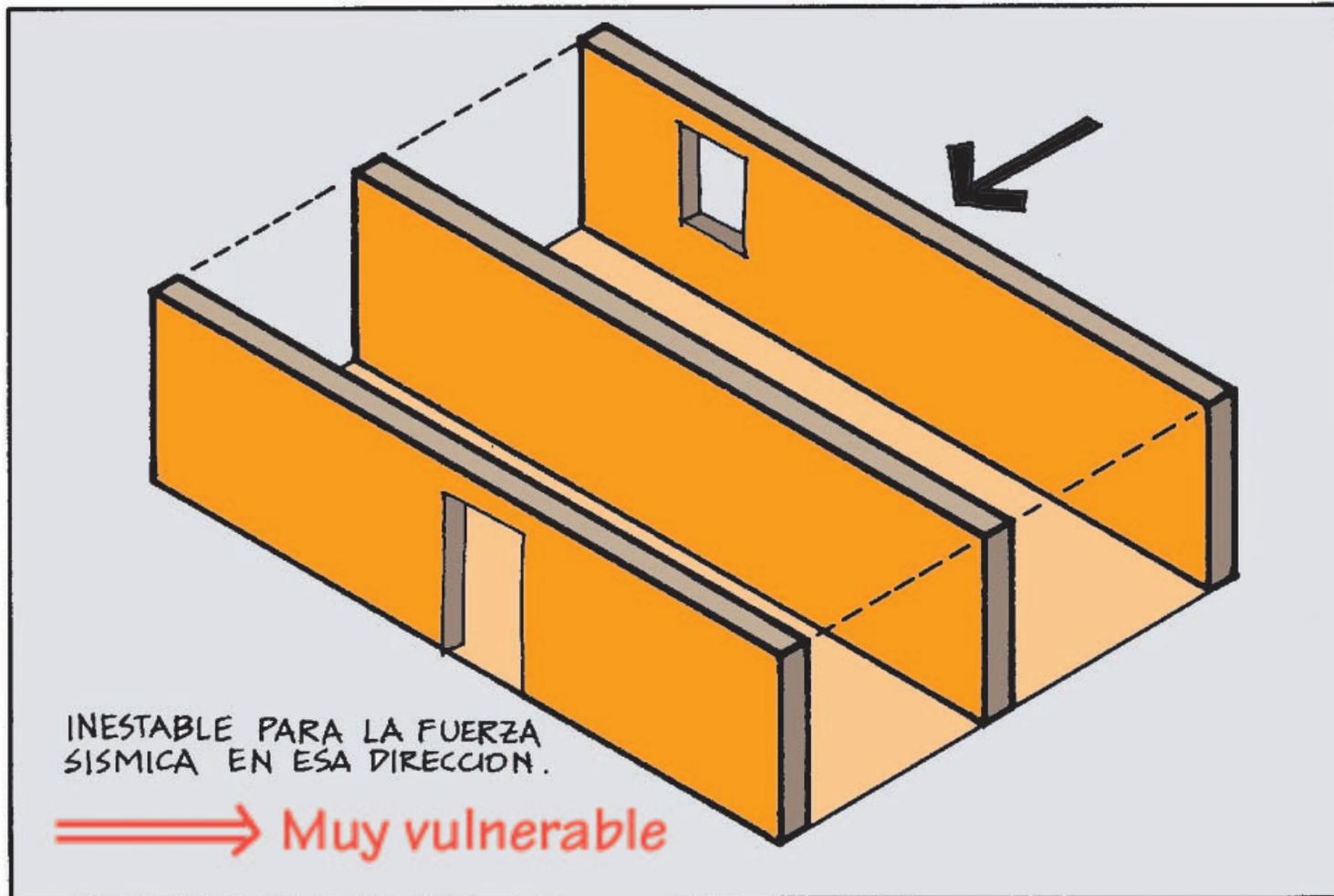


Vigas, dinteles



¿QUÉ ES LA VULNERABILIDAD SÍSMICA?

La vulnerabilidad sísmica es el peligro, riesgo o susceptibilidad que tiene la vivienda de 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 paredes en las dos direcciones
Irregularidad en altura

ASPECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Calidad de la mezcla de cemento entre bloques
Tipo y disposición de los bloques
Calidad de los materiales

ASPECTOS ESTRUCTURALES

Paredes confinadas y reforzadas
Detalles de columnas y vigas de confinamiento
Vigas de amarre o corona
Características de las aberturas
Tipo y disposición del entrepiso
Amarre de los techos
Conexiones entre cimientos y piso, piso y paredes o columnas, paredes o columnas y techo

CIMENTACIÓN

Compactación del suelo
Vigas de amarre en hormigón reforzado

ENTORNO

Topografía
Otros efectos

SUELOS

Blandos
Intermedios
Duros

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD (PELIGRO, RIESGO) SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS

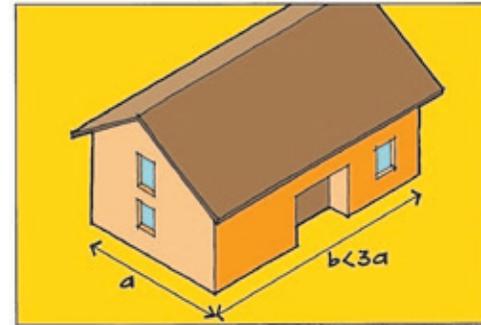
Para que una vivienda pueda calificarse como de vulnerabilidad sísmica intermedia o alta es suficiente que presente deficiencias en cualquiera de los aspectos mencionados. La evaluación para calificar la vulnerabilidad debe hacerse con el mayor cuidado, investigando los detalles a que se hace referencia más adelante. Cada aspecto investigado se califica mediante unos criterios muy sencillos y mediante visualización y comparación con patrones generales. Hay tres niveles de calificación: vulnerabilidad baja (en verde), vulnerabilidad media (en amarillo) y vulnerabilidad alta (rojo).

ASPECTOS GEOMÉTRICOS

IRREGULARIDAD EN PLANTA DE LA EDIFICACIÓN

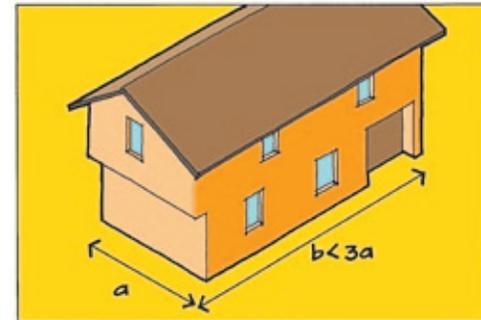
Vulnerabilidad baja

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



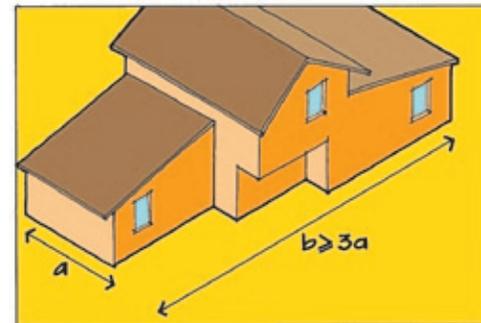
Vulnerabilidad media

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



Vulnerabilidad alta

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



CANTIDAD DE PAREDES EN LAS DOS DIRECCIONES

Vulnerabilidad baja

- Existen paredes estructurales en las dos direcciones principales de la vivienda y estas paredes son confinadas o reforzadas.
- Hay una longitud total de paredes en cada una de las direcciones principales por lo menos igual al valor dado por:

$$L_o = 0.0077 (M_o \times A_p) / t$$

A_p = área en pies cuadrados de la planta (si el techo es liviano, A_p se puede multiplicar por 0.67)

t = espesor de paredes

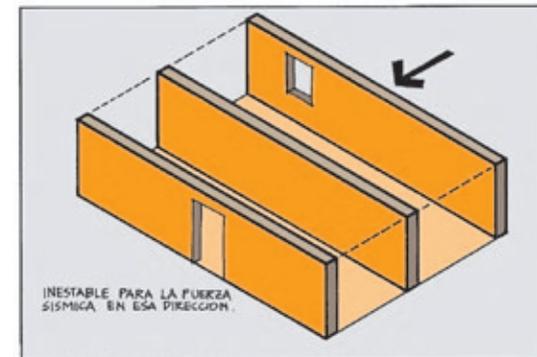
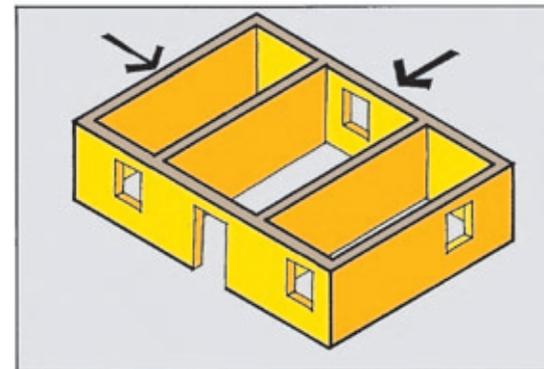
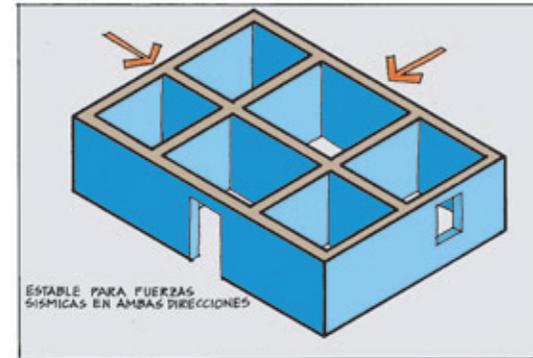
M_o = coeficiente que se obtiene de la Tabla 1 del Capítulo 1 de este manual

Vulnerabilidad media

- La mayoría de las paredes se concentran en una sola dirección aunque existen una o varias en la otra dirección.
- La longitud de paredes en la dirección de menor cantidad de paredes es ligeramente inferior a la calculada con la ecuación anterior.

Vulnerabilidad alta

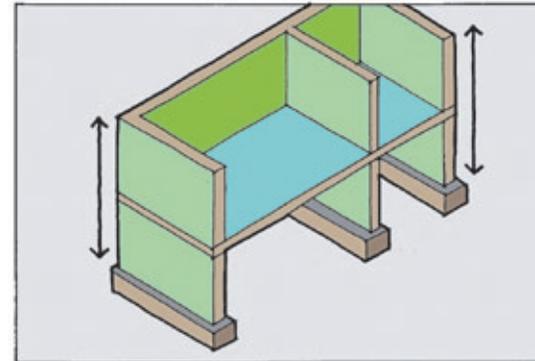
- Más del 70% de las paredes están en una sola dirección.
- Hay muy pocas paredes confinadas o reforzadas.
- La longitud total de paredes estructurales en cualquier dirección es mucho menor que la calculada con la ecuación anterior.



IRREGULARIDAD EN ALTURA

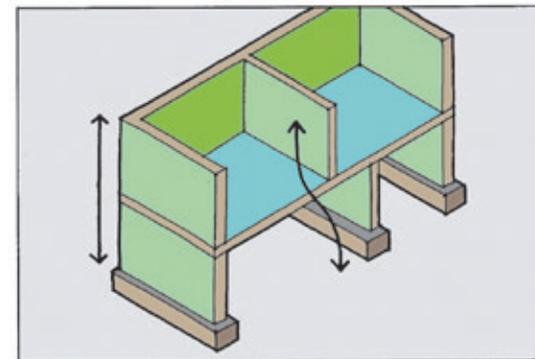
Vulnerabilidad baja

- La mayoría de las paredes estructurales son continuas desde los cimientos hasta el techo.



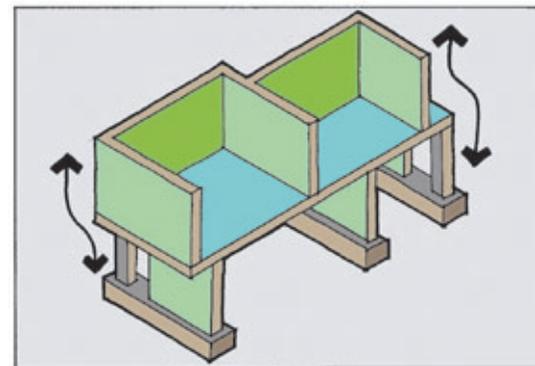
Vulnerabilidad media

- Algunas paredes presentan discontinuidades desde los cimientos hasta el techo.



Vulnerabilidad alta

- La mayoría de las paredes no son continuas en altura desde sus cimientos hasta el techo.
- Cambios de alineación en el sistema de columnas en dirección vertical.
- Cambio de sistema de columnas en pisos superiores con respecto a columnas en el piso inferior.



ASPECTOS DE CONSTRUCCIÓN

CALIDAD DE LA MEZCLA DE CEMENTO ENTRE BLOQUES

Vulnerabilidad baja

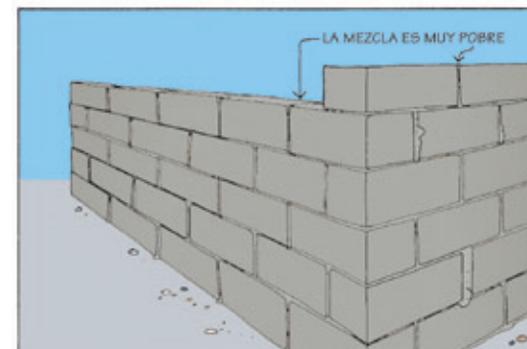
- El espesor de la mayoría de las juntas está entre 0.28" y .51".
- Las juntas son uniformes y continuas.
- Hay juntas de buena calidad verticales y horizontales rodeando cada bloque.
- El mortero es de buena calidad y presenta buena adherencia con el bloque.
- Se instalan varillas de piso a techo y se instala malla en la dirección horizontal.

Vulnerabilidad media

- El espesor de la mayoría de las juntas es mayor de 0.51" o menor de 0.28".
- Las juntas no son uniformes.
- No existen juntas verticales o son de mala calidad.

Vulnerabilidad alta

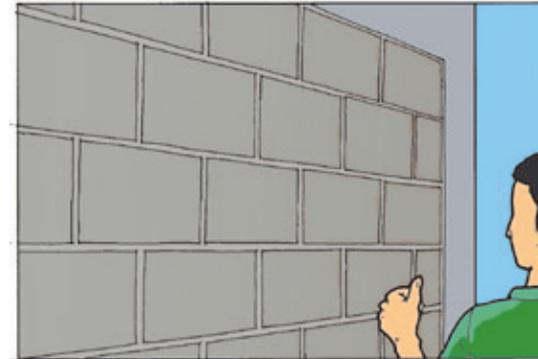
- La mezcla es muy pobre entre los bloques, casi inexistente.
- Poca regularidad en la alineación de las piezas.
- El mortero es de muy mala calidad o evidencia separación con los bloques.
- No existen juntas verticales y/u horizontales en zonas de la pared.



TIPO Y DISPOSICIÓN DE LOS BLOQUES

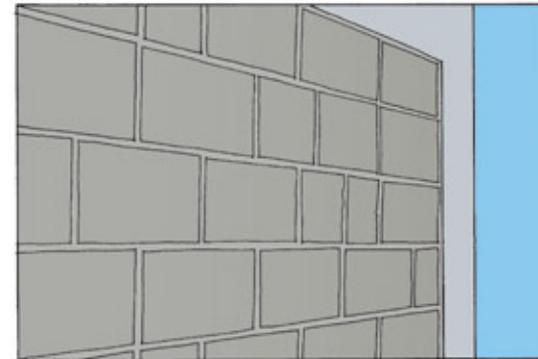
Vulnerabilidad baja

- Los bloques están trabados.
- Los bloques 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.



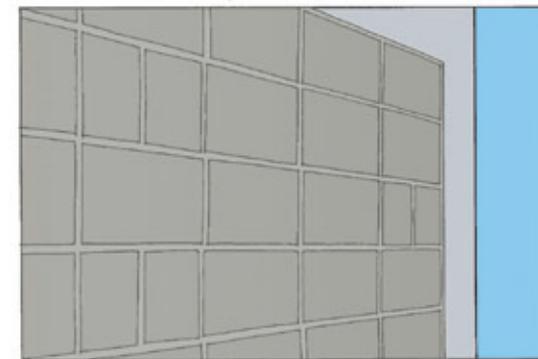
Vulnerabilidad media

- 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

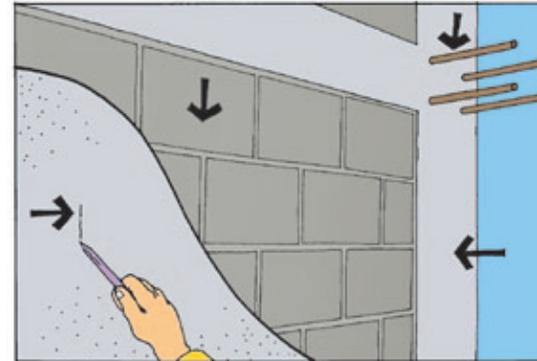
- Los bloques NO están trabados.
- Los bloques son de muy mala calidad. Se presentan agrietamientos importantes, con piezas deterioradas o rotas.
- Las piezas no están colocadas de manera uniforme y continua hilada tras hilada.



CALIDAD DE LOS MATERIALES

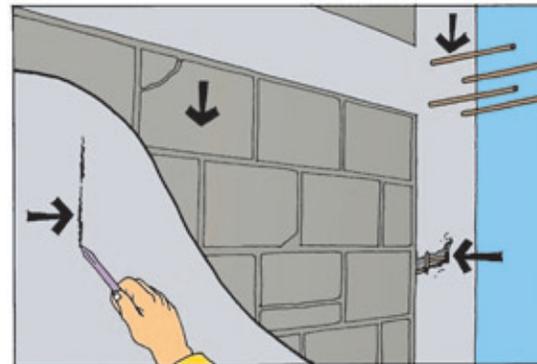
Vulnerabilidad baja

- El mortero (la mezcla) no se deja rayar o desmoronar con un clavo o herramienta metálica.
- El hormigón tiene buen aspecto, sin cucarachas o huecos, y el acero no está expuesto.
- En los elementos de confinamiento en hormigón reforzado, hay estribos abundantes y por lo menos 3 o 4 varillas Núm. 3 en sentido longitudinal.
- El bloque es de buena calidad, no está muy fisurado, quebrado ni despegado y resiste caídas de una altura de por lo menos 2 metros sin desintegrarse ni deteriorarse en forma apreciable.



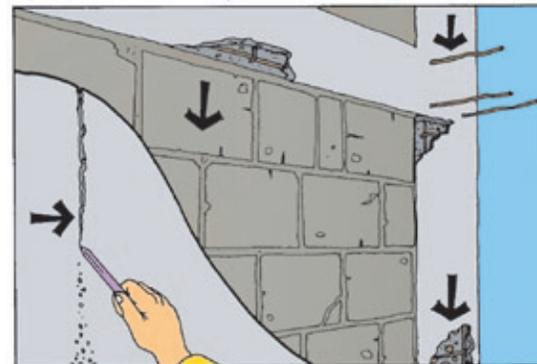
Vulnerabilidad media

- Se cumplen varios de los requisitos mencionados anteriormente.



Vulnerabilidad alta

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

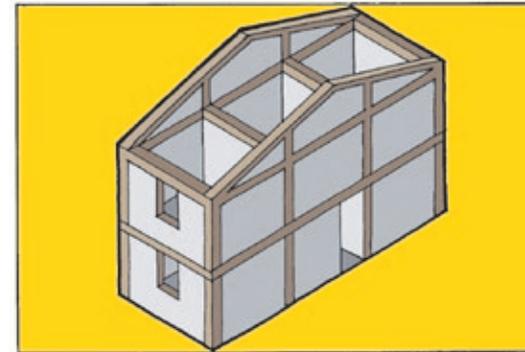


ASPECTOS ESTRUCTURALES

PAREDES CONFINADAS Y REFORZADAS

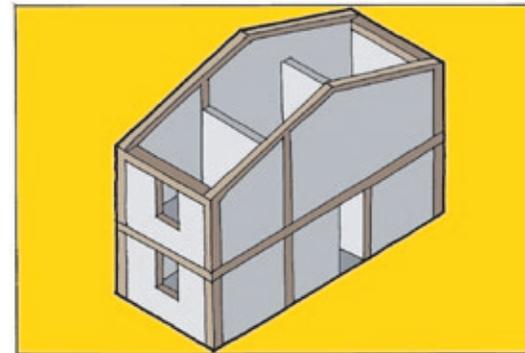
Vulnerabilidad baja

- Todas las paredes y columnas de la vivienda están confinadas con vigas y columnas de hormigón reforzado alrededor de ellas.
- El espaciamiento máximo entre elementos de confinamiento es del orden de 12' o la altura entre pisos.
- Todos los elementos de confinamiento tienen refuerzo tanto longitudinal como transversal y el refuerzo está adecuadamente dispuesto.



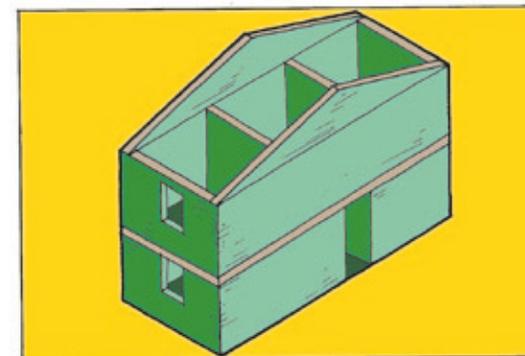
Vulnerabilidad media

- Algunas paredes de la edificación no cumplen con los requisitos mencionados anteriormente.



Vulnerabilidad alta

- La mayoría de las paredes de bloques de la vivienda no tienen confinamiento mediante columnas y vigas de hormigón reforzado.



DETALLES DE COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO

Vulnerabilidad baja

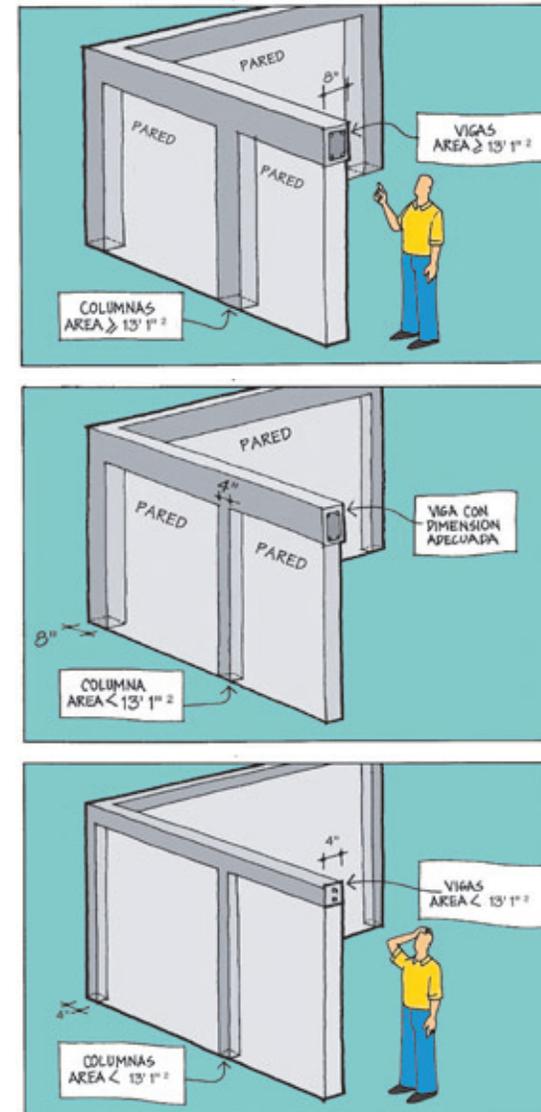
- Las columnas y vigas tienen más de 7.9" de espesor o más de 157.5"² de área transversal.
- Las columnas y vigas tienen al menos 4 varillas Núm. 3 longitudinales y estribos espaciados entre 6 a 8 pulgadas.
- Existe un buen contacto entre las paredes de bloques y los elementos de confinamiento.
- El 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

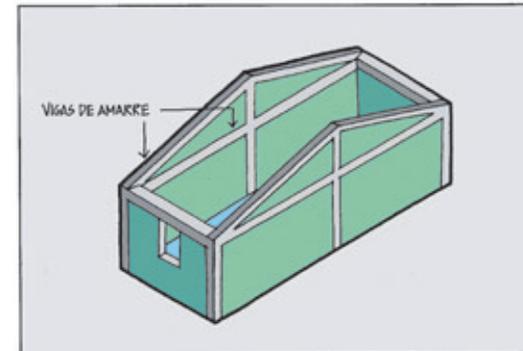
La mayoría de las columnas y vigas de confinamiento no cumple con los requisitos establecidos anteriormente.



VIGAS DE AMARRE O CORONA

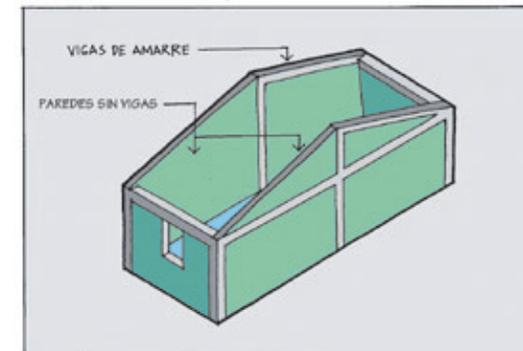
Vulnerabilidad baja

- Existen vigas de amarre o de corona en hormigón reforzado en todas las paredes, parapetos, fachadas y culatas en bloques de hormigón.



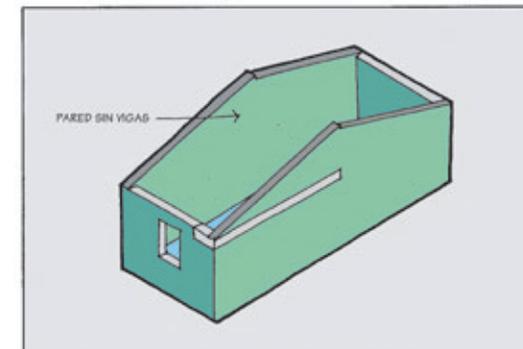
Vulnerabilidad media

- No todas las paredes o elementos de hormigón disponen de vigas de amarre o de coronación.



Vulnerabilidad alta

- La vivienda no dispone de vigas de amarre o de coronación en las paredes o elementos de hormigón.



CARACTERÍSTICAS DE LOS HUECOS Y ABERTURAS (TALES COMO PUERTAS Y VENTANAS)

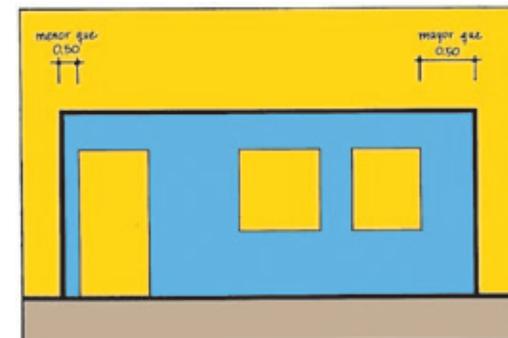
Vulnerabilidad baja

- Las aberturas en las paredes estructurales totalizan menos del 35% del área total de la pared.
- La longitud total de aberturas en la pared corresponde a menos de la mitad de la longitud total de la pared.
- Existe una distancia desde el borde de la pared hasta la abertura adyacente igual a la altura de la misma o 18" la que sea mayor.



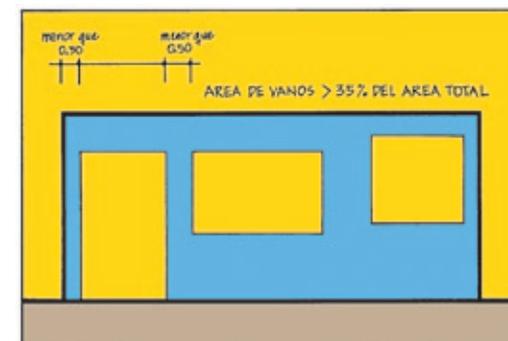
Vulnerabilidad media

- No se cumplen algunos de los anteriores requisitos en algunas de las paredes de la vivienda.



Vulnerabilidad alta

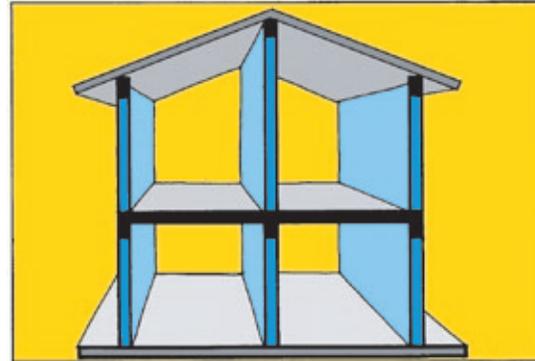
- Muy pocas paredes estructurales, o ninguna, de la vivienda cumplen con los requisitos anteriores.



ENTREPISO

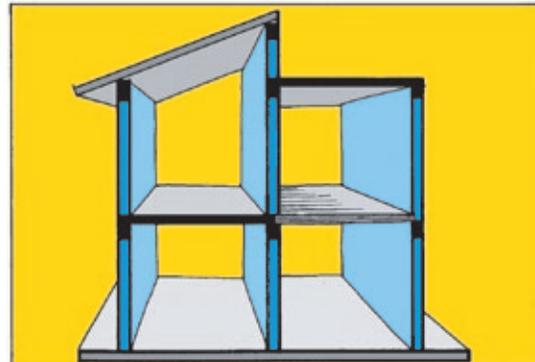
Vulnerabilidad baja

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



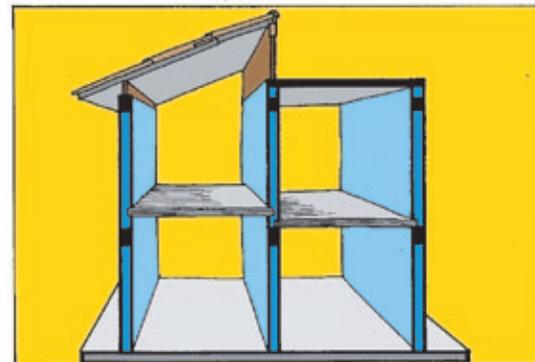
Vulnerabilidad media

- La losa de entrepiso no cumple con alguna de las anteriores consideraciones.



Vulnerabilidad alta

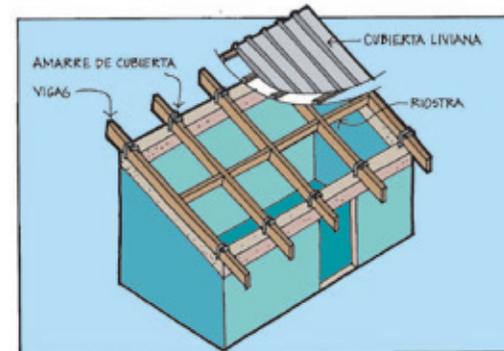
- La losa de entrepiso no cumple con varias de las consideraciones anteriores.
- Los entrepisos están conformados por madera o combinaciones de materiales (bambú guadúa, mortero, madera, hormigón) y no proporcionan las características de continuidad y amarre deseadas.



AMARRE DE TECHOS

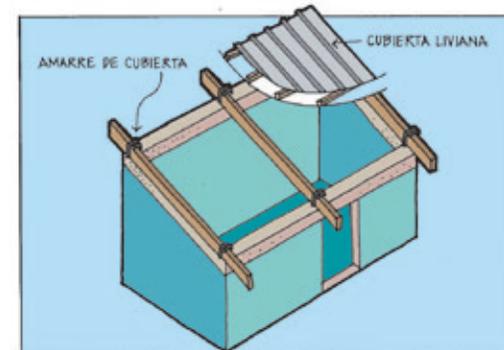
Vulnerabilidad baja

- Existen tornillos, alambres o conexiones similares que amarran el techo a las paredes.
- Hay arriostramiento de las vigas y la distancia entre vigas no es muy grande.
- El techo es liviano y está debidamente amarrado y apoyado a la estructura de techado.



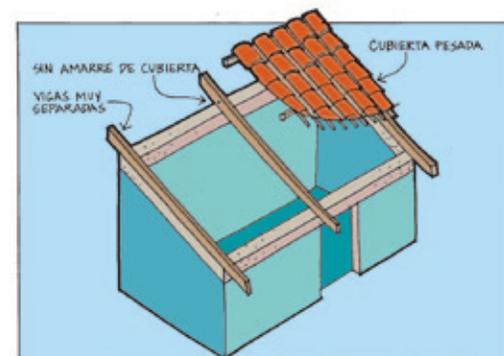
Vulnerabilidad media

- Algunos de los anteriores requisitos se cumplen.



Vulnerabilidad alta

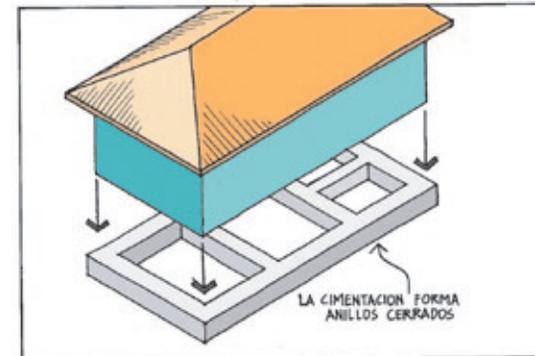
- La mayoría de los requisitos mencionados anteriormente no se cumple.
- El techo es pesado y no está debidamente soportado o arriostrado.



CIMENTACIÓN

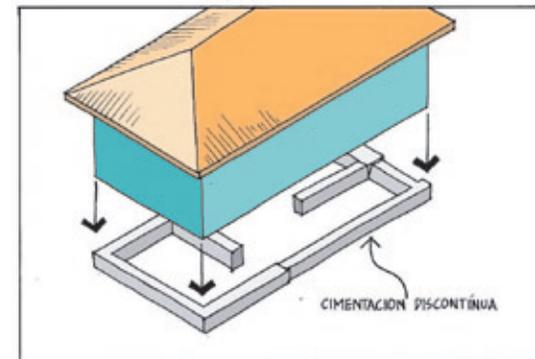
Vulnerabilidad baja

- La cimentación está conformada por vigas conectadas en hormigón reforzado bajo las paredes estructurales.
- Las cimentaciones están todas amarradas entre sí.
- Las vigas de cimentación en hormigón reforzado cumplen los demás requisitos establecidos en el Capítulo I de este manual.



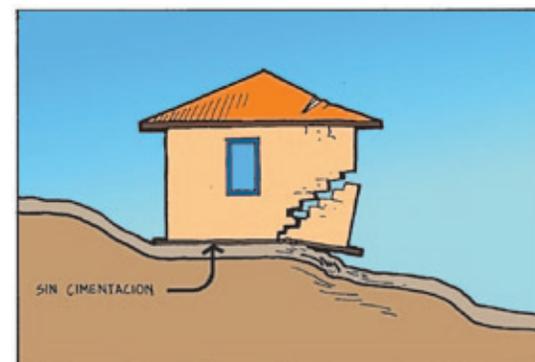
Vulnerabilidad media

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



Vulnerabilidad alta

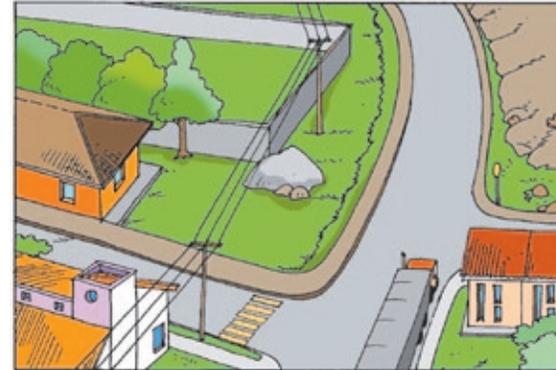
- La edificación no cuenta con una cimentación adecuada de acuerdo con los requisitos anteriores.
- Se construyó la estructura en la pendiente de una montaña cuando se recomienda construir sobre suelo plano.



SUELOS

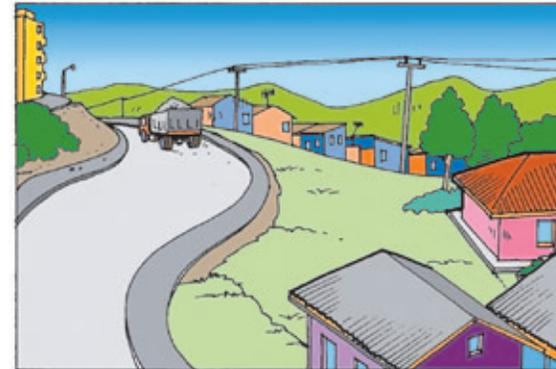
Vulnerabilidad baja

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



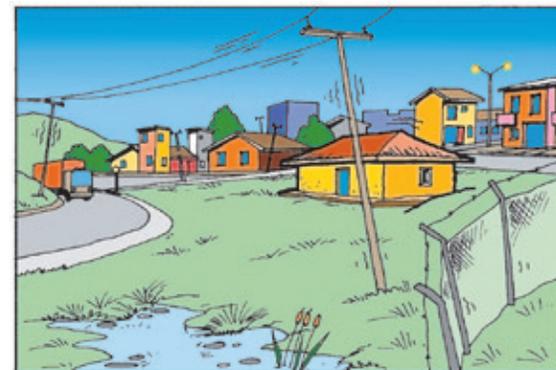
Vulnerabilidad media

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



Vulnerabilidad alta

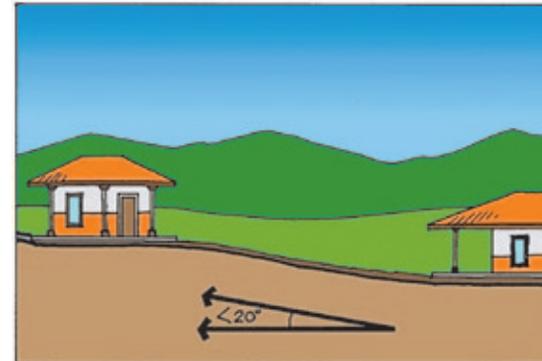
- El suelo de la fundación es blando o es arena suelta. Se sabe porque: hay hundimiento en las zonas vecinas, se siente la vibración al paso de vehículos pesados; la vivienda ha presentado asentamientos considerables en el tiempo de construcción; y la mayoría de las viviendas de la zona presentan agrietamientos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



ENTORNO

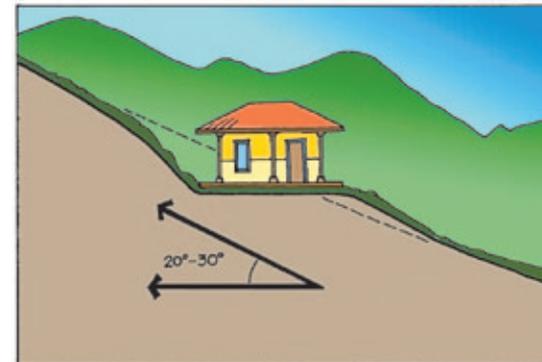
Vulnerabilidad baja

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



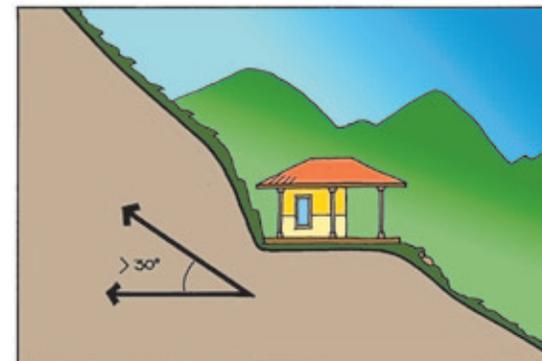
Vulnerabilidad media

- La topografía donde se encuentra la vivienda tiene un ángulo de entre 20 y 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 paredes en las dos direcciones			
· Irregularidad en altura			
ASPECTOS DE CONSTRUCCIÓN			
· Calidad de la mezcla de cemento entre bloques			
· Tipo y disposición de los bloques			
· Calidad de los materiales			
ASPECTOS ESTRUCTURALES			
· Paredes confinadas y reforzadas			
· Detalles de columnas y vigas de confinamiento			
· Vigas de amarre o corona			
· Características de los huecos y aberturas			
· Entrepiso			
· Amarre de techos			
CIMENTACIÓN			
SUELOS			
ENTORNO			
	BAJA	MEDIA	ALTA
CALIFICACIÓN TOTAL DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA VIVIENDA			

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DAÑO

EN VIVIENDAS AFECTADAS POR SISMOS

Introducción

El sistema de mallas con mortero estructural surge a raíz de la búsqueda de métodos alternos para remediaciones estructurales en estructuras vulnerables a colapso por sismos. Para implementar este sistema se deberá desarrollar un análisis estructural para determinar las especificaciones del diseño estructural. No obstante consideraremos una planta típica de una residencia ejemplo para propósitos de análisis e implementación del sistema propuesto como remediación alterna. Durante los recientes sismos ocurridos en Puerto Rico ha surgido la necesidad de desarrollar sistemas de refuerzos para estructura que sean de instalación sencilla pero con un grado de eficacia alto en términos de sismos. Este sistema permite realizar remediaciones estructurales en paredes tanto de bloques como paredes estructurales a las cuales se desea aumentar su capacidad resistente. También permite se puede implementar en futuras remediaciones estructurales de columnas y vigas estructurales donde al cuantía del acero de refuerzo se halla afectado por la oxidación y el paso del tiempo.

Actualmente en el mercado existen otros métodos de remediaciones estructurales mediante el uso de la fibra de carbón y la fibra de vidrio. Estos sistemas son muy eficaces y la instalación es sencilla en comparación con el sistema propuesto en este desarrollo investigativo. Una de las ventajas de este sistema es su costo efectividad en comparación con los sistemas actuales del mercado.

A continuación comenzaremos por mostrar un diagrama de planta de una estructura prototipo para propósitos de análisis y desarrollo del sistema propuesto. La Figura 1 muestra el diagrama de planta de la estructura modelo para este sistema. Las líneas color rojas representan las paredes donde se propone instalar el sistema de mallas con el mortero estructural. Para determinar la selección de las paredes a ser reforzadas se procede con el análisis estructural mediante la implementación de las cargas de diseño según lo establece el código vigente de diseño para Puerto Rico. Con el programa de computadoras

DIAFRAGM (desarrollado por el Dr. Deschapelles) se determinan las cargas de cortante que actúan en cada pared estructural. Mediante el uso del Programa FER2IMP se determinan los esfuerzos internos que operan en las paredes seleccionadas para ser reforzadas. Una vez son conocidos los esfuerzos internos se selecciona la malla cuadriculada a ser utilizada para la pared seleccionada.

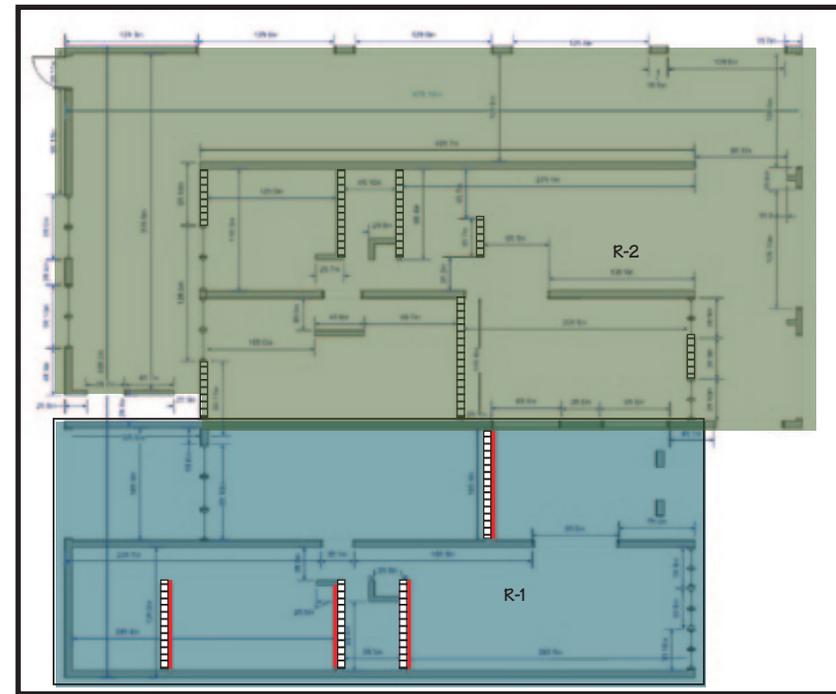


Figura 1. Diagrama de Planta de Estructura a ser Reforzada

Observe el que las líneas rojas solo están localizadas en la parte inferior sombreada en azul en la residencia 1 donde se reforzaran cuatro paredes según se ilustra en la **Figura 1**. Es en la zona sombreada de azul de la Residencia #1 donde se recomienda el reforzar las paredes de bloques existentes debido a los resultados obtenidos por el análisis estructural preliminar desarrollado para este modelo ilustrativo. La zona sombreada

de verde en la parte superior de la **Figura 1** representa la Residencia #2 donde se representa el caso de una urbanización en la cual las residencias están interconectadas por el diafragma de techo, las residencias son de una sola planta y donde una pared es común para la dos residencias unidas entre sí. Esta situación es muy común en Puerto Rico y puede darse el caso donde el residente de la propiedad aledaña no tenga los recursos o el interés inmediato para reforzar su estructura. La situación surge cuando es necesario reforzar una de ambas estructuras para evitar que una estructura ocasione el colapso de la otra. Para este caso será necesario reforzar al menos cuatro paredes de la Residencia #1. De esta manera reducimos el riesgo de colapso significativamente pero esto debe ser analizado detalladamente por un Especialista en Estructuras antes de construir los refuerzos de la estructura para así salvaguardar que está debidamente diseñado. En la **Figura 2** podemos observar una de las paredes con el sistema de Mallas ya instalado aun sin el mortero estructural pero si con agente de pegamento adhesivo aplicado en la pared de bloques o pared estructural a ser remediada (ver Anejo A).

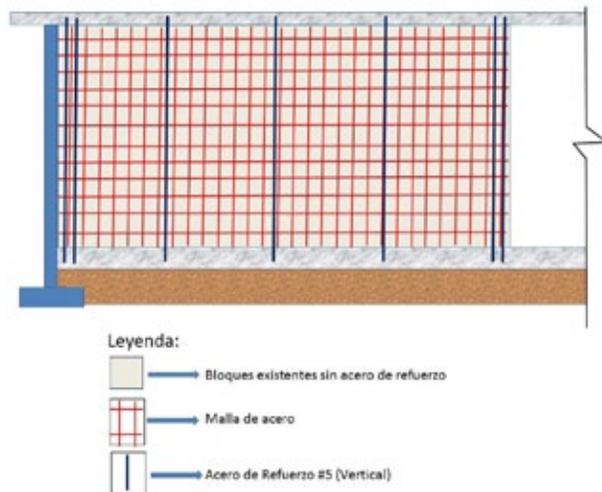


Figura 2. Sistema de Malla de Acero con Refuerzos de Conexión Vertical

Es de suma importancia que antes de instalar la malla de acero se aplique un producto adhesivo capaz de unir de manera permanente la superficie de bloque o pared estructural a reforzar con la superficie del nuevo mortero estructural a ser aplicado luego. Pero antes de aplicar el agente adhesivo sobre la superficie de contacto esta debe estar completamente limpia sin residuos de pintura o agentes aislantes, se recomienda dejar la superficie con textura porosa para asegurar una conexión efectiva entre la pared existente y el nuevo mortero estructural. Actualmente en la industria existen productos adhesivos capaces unir permanentemente las superficies de hormigón resientes a las de hormigón de mayor tiempo (ver Anejo I). De igual manera las mallas de acero existen en gran variedad y tamaños (ver Anejo II) pero para este caso preliminar se considero el uso de la malla de acero de 6" X 6" aunque finalmente la selección de la malla dependerá del análisis estructural realizado por el Especialista en Estructuras. Es importante señalar que antes de instalar las mallas de acero se realicen los correspondientes anclajes de conexión entre diagrama de techo y pared a ser reforzada (más adelante se explica el sistema propuesto de conexión, ver Anejo III). Al final de este documento se incluyen los anejos de los tipos de mallas más comunes y disponibles en Puerto Rico. Para asegurar una transferencia del cortante generado en la pared será necesaria una conexión directa entre el diafragma de techo y las paredes reforzadas con este sistema (**ver Figura 3**). Actualmente la industria ofrece una extensa variedad de productos para realizar este tipo de conexión pero uno de los mas recomendados el sistema de conexión de anclaje de barras de refuerzo mediante un dispositivo que garantice la permanencia de las barras de refuerzo pese a los movimientos dinámicos generados por el sismo (ver Anejo III).

En la **Figura 3** se muestra un detalle típico del sistema de refuerzo propuesto preliminar donde se ilustra la localización del agente adhesivo con una línea entrecortada y luego la conexión de las barras de refuerzo. Para este caso se contempla el uso de dos barras de refuerzo #5 para controlar el momento de vuelco de la pared y luego tres sucesivas barras

#5 equidistantes para asegurar la transmisión efectiva entre el diafragma de techo y las paredes a ser reforzadas.

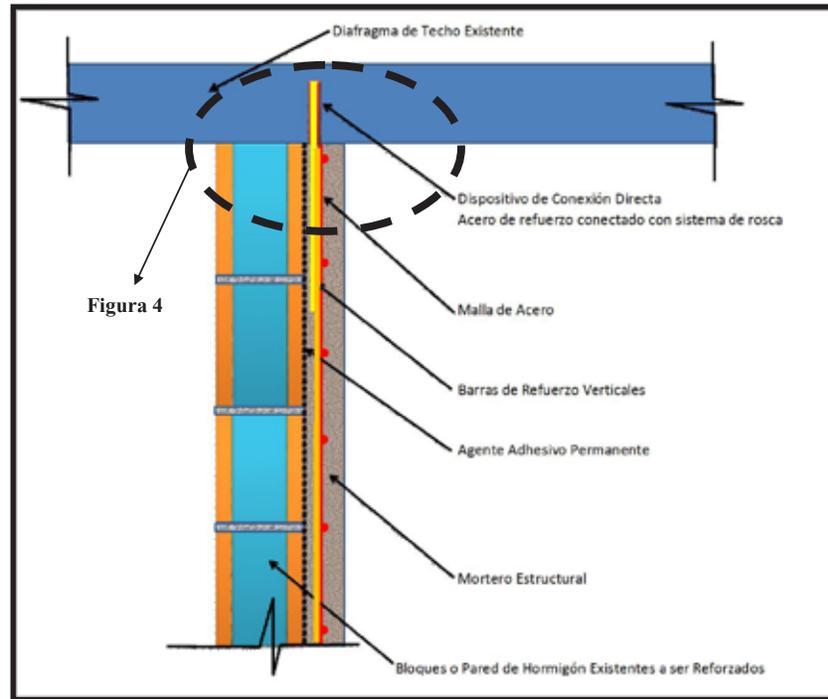


Figura 3. Detalle del Sistema de Malla de Acero con Mortero Estructural

Finalmente para poder transferir las fuerzas de cortante entre el diafragma de las paredes a ser reforzadas es de vital importancia el que la conexión entre estas sea efectiva. Es por esto el que recomendamos un tipo de conexión con rosca en las barras de refuerzo para así lograr un anclaje efectivo y de manera práctica. Existe gran diversidad de alternativas para anclar las paredes y el diafragma de techo tales como el uso de materiales adhesivos como lo son productos epoxicos. La ventaja del sistema de rosca en la barra de refuerzo es que permite

realizar el trabajo de una manera mucho más práctica para el instalador del sistema.

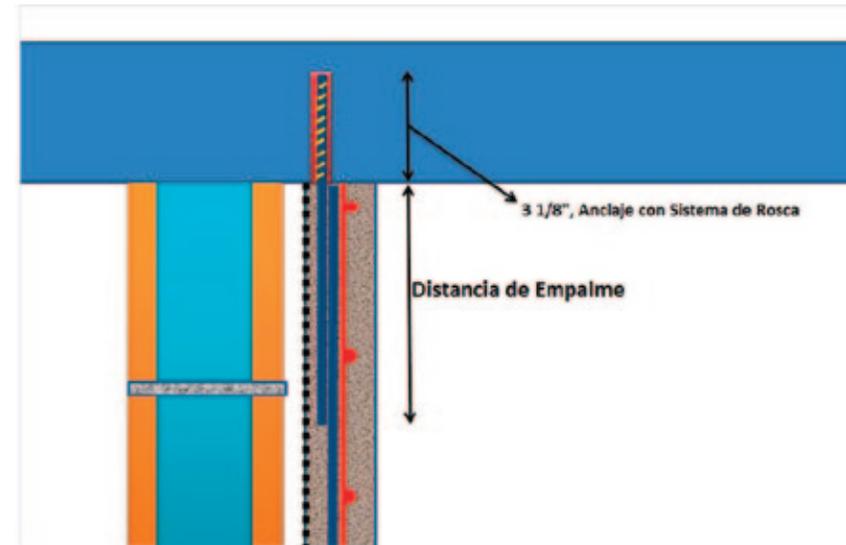


Figura 4. Detalle de Anclaje de Sistema

CAPÍTULO IV

REHABILITACIÓN DE LAS VIVIENDAS

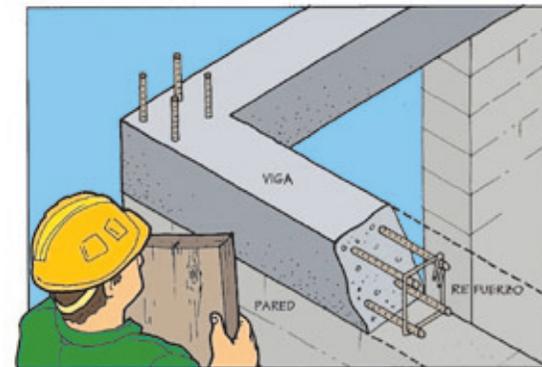
¿QUÉ ES REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS?

La rehabilitación de viviendas incluye, para efectos de este manual, las siguientes actividades:

A. REPARACIONES: Obras estructurales que se realizan en una vivienda con el fin de restaurar su capacidad de carga original, ante daños sufridos por dicha vivienda a causa de un terremoto o cualquier otro efecto natural.

B. REFORZAMIENTO: Obras estructurales que se realizan en una vivienda para aumentarle la capacidad de carga lateral o vertical, sin que necesariamente la vivienda presente daños causados por terremotos u otros efectos naturales.

C. RECONSTRUCCIÓN: Obras que se realizan a una vivienda con el fin de reconstituir o reconstruir secciones gravemente afectadas por causa de un terremoto o por cualquier otro efecto natural y que pretenden proporcionarle a la vivienda una capacidad de carga igual o superior a la que tenía originalmente.

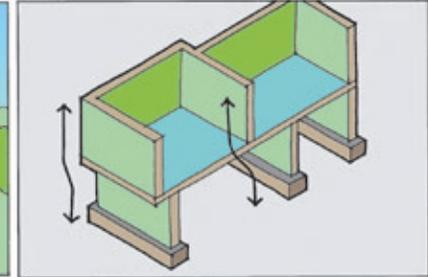


¿CUÁNDO SE REQUIERE REHABILITAR UNA VIVIENDA?

Será necesario rehabilitar una vivienda cuando esta presente algún tipo de daño estructural de consideración producido por un terremoto o cualquier otro efecto natural o cuando tenga deficiencias constructivas evidentes que puedan poner en peligro su seguridad y estabilidad estructural.



DAÑO
(Por ejemplo: agrietamientos
estructurales)



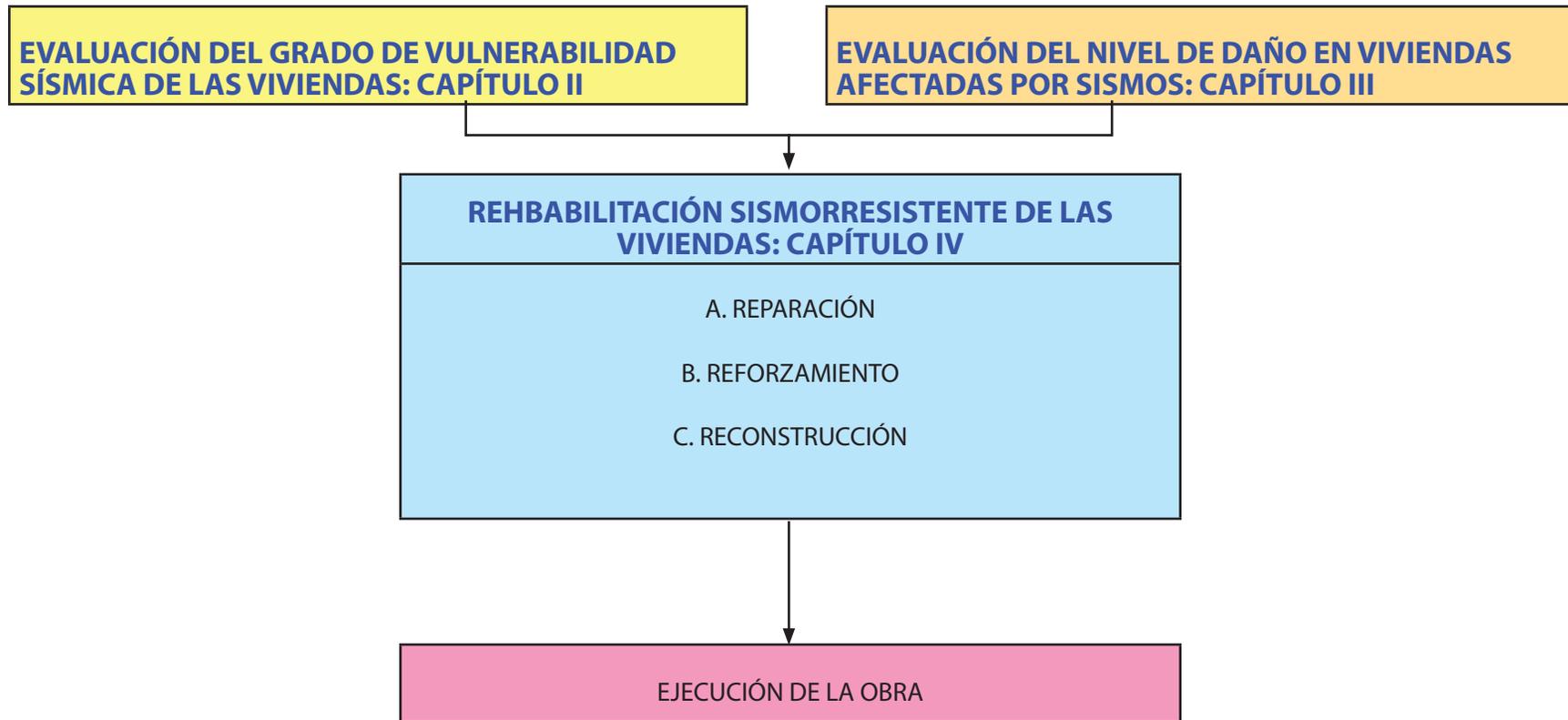
DEFICIENCIAS DE
CONSTRUCCIÓN
(Por ejemplo: falta de
continuidad en paredes
verticales)

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"



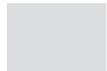
PROCEDIMIENTO PARA DEFINIR EL GRADO DE INTERVENCIÓN PARA REHABILITACIÓN



¿CÓMO SE REHABILITA UNA VIVIENDA?

La rehabilitación de viviendas incluye actividades relacionadas con la reparación, el reforzamiento y la reconstrucción de porciones o de la vivienda. El grado de intervención debe definirse de acuerdo al 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	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en hormigón reforzado. ◆ Confinamiento de aberturas. ◆ Reemplazo de paredes NO estructurales o paredes con aberturas por paredes estructurales.
	CANTIDAD DE PAREDES EN LAS DOS DIRECCIONES	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en hormigón reforzado. ◆ Reemplazo de paredes NO estructurales o paredes con aberturas por paredes estructurales.
	IRREGULARIDAD EN ALTURA	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en hormigón reforzado. ◆ Reemplazo de paredes NO estructurales o paredes con aberturas por paredes estructurales.
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	CALIDAD DE LA MEZCLA DE CEMENTO ENTRE BLOQUES	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Revestimiento estructural en hormigón reforzado. ◆ Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.
	TIPO Y DISPOSICIÓN DE LOS BLOQUES	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Revestimiento estructural en hormigón reforzado. ◆ Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.
	CALIDAD DE LOS MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Revestimiento estructural en hormigón reforzado. ◆ Reemplazo de paredes NO estructurales o paredes con aberturas por paredes estructurales. ◆ Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.

[p. 4-7]

		INTERVENCIÓN
ASPECTOS ESTRUCTURALES	PAREDES CONFINADAS Y REFORZADAS	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en hormigón reforzado. ◆ Revestimiento estructural en hormigón reforzado. ◆ Confinamiento de aberturas.
	DETALLES DE COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Revestimiento estructural en hormigón reforzado. ◆ Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.
	VIGAS DE AMARRE O CORONA	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en hormigón reforzado. ◆ Revestimiento estructural en hormigón reforzado. ◆ Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.
	CARACTERÍSTICAS DE LAS ABERTURAS	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Confinamiento de aberturas.
	ENTREPISO	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en hormigón reforzado. <p>Nota: Se debe verificar el confinamiento y se debe evaluar la posibilidad de construir una losa en hormigón 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).</p>
	AMARRE DE COLUMNAS DE ENTREPISO	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en hormigón reforzado. <p>Nota: Se debe verificar el confinamiento y se debe evaluar la posibilidad de construir una losa en hormigón 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).</p>

	INTERVENCIÓN
CIMENTACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Refuerzo de la cimentación ◆ Construcción de pilotes
SUELOS	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Se debe revisar la cimentación. En el caso de que la vulnerabilidad sea alta y se presenten daños, estos deben repararse.
ENTORNO	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Se debe revisar la cimentación. ◆ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en hormigón reforzado. ◆ Refuerzo de la cimentación. <p>Nota: En casos críticos, se debe estudiar la posibilidad de reubicar la vivienda.</p>

INDICACIONES REFERENTES AL NIVEL DE DAÑO

NIVEL DE DAÑO	INTERVENCIÓN	OBSERVACIONES
LEVE	Requiere intervención menor – Reparaciones cosméticas: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Empañetado ◆ Reparación de juntas de mortero ◆ Inyección de grietas con epóxico 	Si se 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: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Construcción de vigas y columnas de confinamiento en hormigón reforzado. ◆ Revestimiento estructural en hormigón reforzado. ◆ Confinamiento de aberturas. ◆ Reemplazo de paredes NO estructurales o paredes con aberturas por paredes estructurales. ◆ Reparación de grietas con varillas de refuerzo. ◆ Revestimiento estructural mediante fibras compuestas. 	Dado el nivel de daño, la vivienda se clasifica automáticamente como de alto grado de vulnerabilidad.
SEVERO	Requiere reparaciones estructurales según el tipo de daño observado. Se pueden ejecutar medidas tales como: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Inyección de grietas. ◆ Reparación de roturas y agrietamiento del material. ◆ Reemplazo de varillas de refuerzo. ◆ Reemplazo de paredes. ◆ Reparación de elementos de confinamiento de hormigón reforzado. ◆ Reemplazo de elementos de entrepiso. 	Dado el nivel de daño de la vivienda, esta puede requerir procesos de reforzamiento o reconstrucción.

A. REPARACIÓN DE VIVIENDAS

La reparación de una vivienda afectada consiste en la realización de obras con el fin de restaurar la capacidad de carga original de la vivienda ante daños sufridos a causa de un terremoto o cualquier otro efecto. La reparación puede ir acompañada de un reforzamiento. Las reparaciones se realizan en función directa de los daños que presente la edificación y en general no dependen de la vulnerabilidad de la misma. A continuación se detallan las reparaciones que se realizan con más frecuencia en las viviendas.

Reparaciones cosméticas

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

- A.1 – Instalación empanetado sencillo o empanetado reforzado
- A.2 – Reparación de juntas de mortero
- A.3 – Inyección de grietas con epóxicos



Reparaciones estructurales

Son aquellas reparaciones que intentan mejorar las propiedades estructurales. Las técnicas de reparación estructural más usuales son:

- A.4 – Inyección de grietas
- A.5 – Reparación de roturas y agrietamiento del material
- A.6 – Reemplazo de varillas de refuerzo
- A.7 – Reemplazo de paredes
- A.8 – Reparación de elementos de confinamiento de hormigón reforzado
- A.9 – Reemplazo de elementos de entrepiso



A.1 REPARACIÓN COSMÉTICA: Empañetado

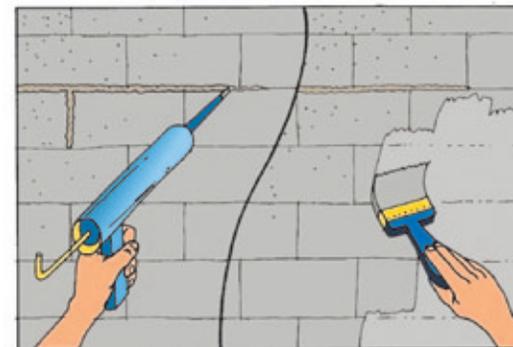
DESCRIPCIÓN

Una reparación cosmética consiste en aplicar una capa de cualquier material de reparación sobre la superficie de hormigón, los bloques de hormigón u otras unidades para ocultar la proyección de las grietas sobre dicha superficie. El propósito del recubrimiento con el empañetado es mejorar la apariencia estética de la pared y proveer una barrera adicional contra la infiltración de agua dentro de la pared. La reparación o instalación de recubrimientos arquitectónicos es otro método de reparación cosmética.

MATERIALES DE REPARACIÓN

Varios materiales pueden usarse para cubrir la superficie de una pared. La selección de los materiales de reparación dependerá de los requerimientos funcionales y arquitectónicos. Algunos ejemplos de materiales son:

- Pintura, que puede utilizarse para disimular grietas finas en la superficie del hormigón y paredes o elementos de bloques de hormigón reforzados.
- Papeles para el recubrimiento de paredes (como, por ejemplo, el papel tapiz o “wallpaper”), que pueden usarse en superficies interiores de hormigón o empañetado.
- Compuestos para paredes de cartón-yeso, que pueden usarse para llenar grietas o superficies interiores antes de pintar o cubrir paredes.
- Materiales de polímeros orgánicos, que pueden usarse para rellenar grietas en las superficies de bloques de hormigón reforzados o de empañetado, ya sea en exterior o interior.
- Capas que pueden usarse para grietas en superficies exteriores a fin de reducir la penetración del agua en el hormigón o los bloques de hormigón reforzados y no reforzados.
- Estuco.

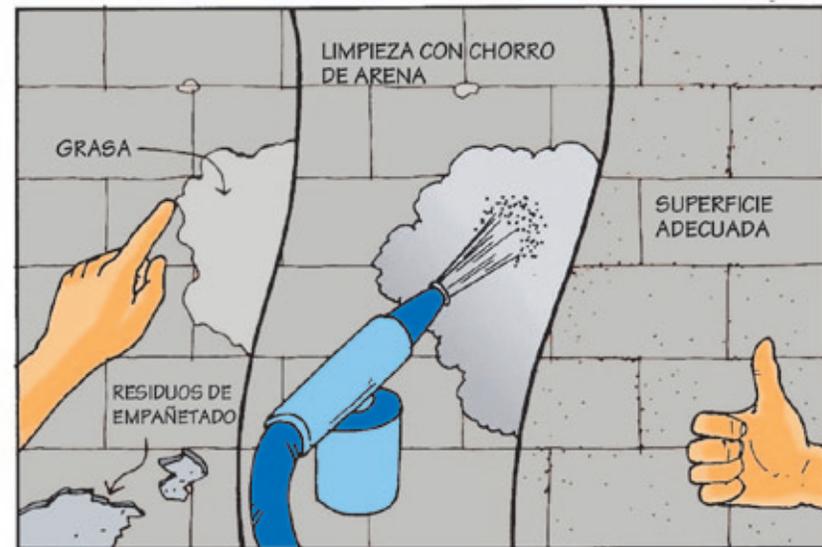


EQUIPO

El equipo requerido para aplicar los materiales de reparación son herramientas tales como cincel y martillo, cepillo metálico, llanas, rastreadoras, equipos de mezcla y atomizadores

EJECUCIÓN

Las superficies que recibirán la cubierta deben estar debidamente preparadas, de manera que se asegure la adherencia entre el nuevo material y la pared. Para pintura o aplicación de recubrimientos, la superficie de la pared debe estar limpia y libre de materiales sueltos. Los recubrimientos tales como yeso o recubrimientos resistentes al agua deben aplicarse sobre superficies previamente tratadas con un chorro suave de arena o grata metálica para eliminar la cubierta existente y proveer una superficie rugosa que garantice una buena adherencia con el nuevo material que se aplicará.



CONTROL DE CALIDAD

La calidad de las pinturas, recubrimientos o membranas expuestas a la 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 grietas en las paredes exteriores. Sin embargo, estos materiales son solamente apropiados si la grieta está inactiva. Las grietas causadas por sismos son típicamente inactivas, de ahí que no cambien de ancho con el tiempo. Si las grietas fueran causadas por contracción, movimientos por temperatura u otras razones, este tratamiento no será efectivo. Por lo tanto, hay que estar seguros de que la grieta fue causada por un evento aislado.



El empañetado puede aplicarse directamente a la superficie de hormigón o bloques de hormigón. La pared existente es rígida y la nueva cubierta de empañetado presentará contracción, por lo cual es probable que aparezcan grietas por contracción en el empañetado. Se debe garantizar una adecuada adherencia del empañetado a la superficie de la pared.



A.2 REPARACIÓN COSMÉTICA: REPARACIÓN DE JUNTAS DE MORTERO

DESCRIPCIÓN

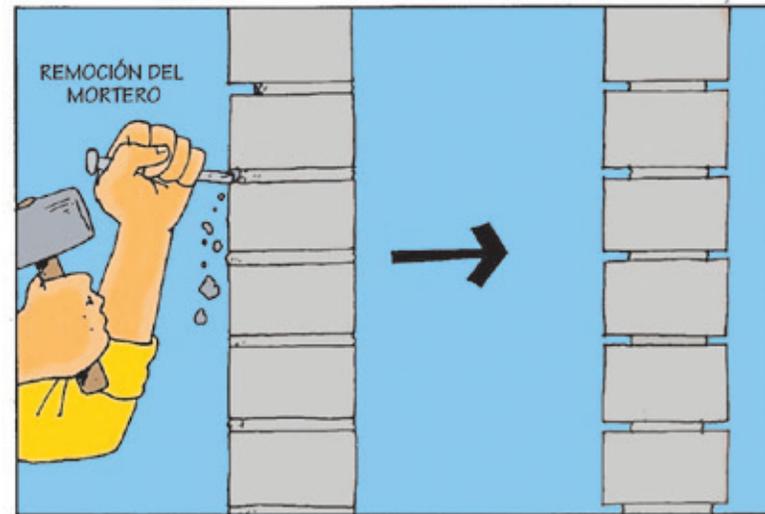
La reparación de las juntas de mortero incluye el proceso de remover el mortero deteriorado de las juntas de las paredes de bloques y reemplazarlo con mortero nuevo. Este proceso es necesario si se van a reparar juntas de mortero dañadas por terremoto o deterioradas por cualquier otra causa. Aplicada correctamente, la reparación de juntas de mortero da un buen aspecto a la construcción. Si se realiza incorrectamente, este trabajo puede causar daños físicos a la construcción.

El proceso implica retirar el mortero superficial de las juntas para luego aplicar una delgada capa de mortero sobre todos los bloques y las juntas. Cuando el mortero esté seco se cepillan los bloques. 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 usarse 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 utilizar la misma arena original o una que se parezca en color, tamaño y forma de 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 y agua limpia y libre de cantidades significativas de ácidos, álcalis o material orgánico.



EQUIPO

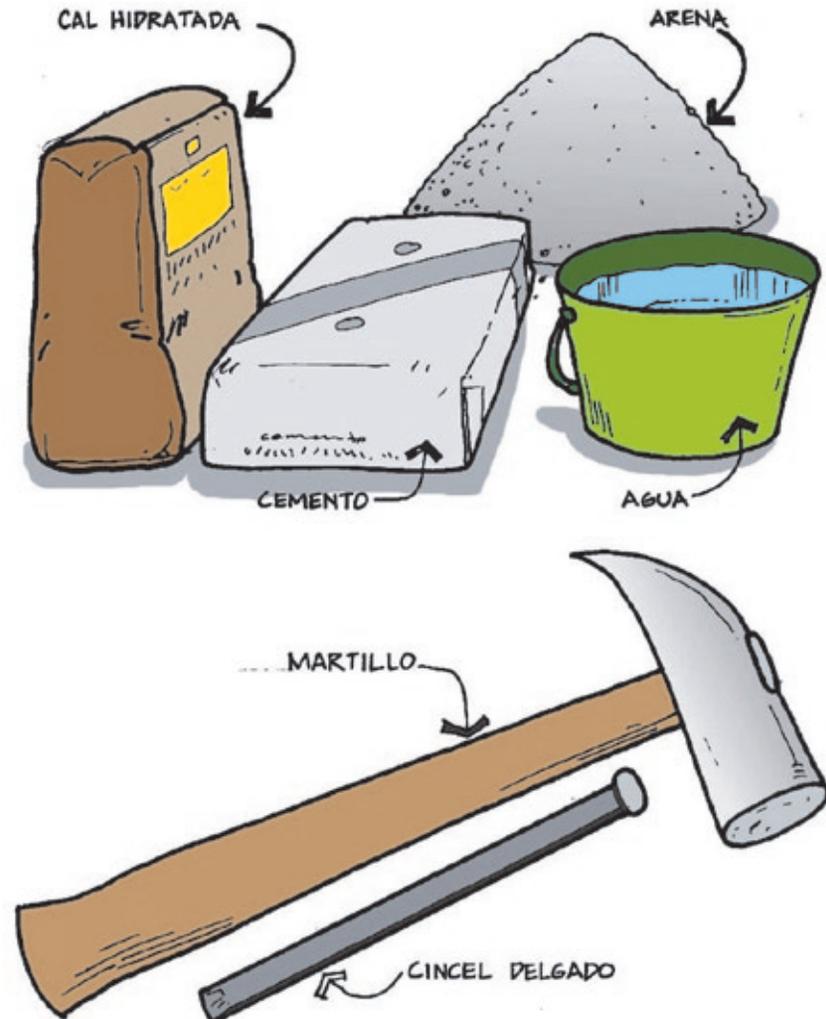
En general, el mortero viejo debe ser removido con cincel y martillo. No deben usarse sierras mecánicas o eléctricas, ya que pueden afectar los bloques adyacentes. Los albañiles experimentados podrían usar exitosamente una herramienta talladora neumática para remover mortero viejo. Se deberá calibrar con cuidado la energía aplicada para no afectar negativamente las pegas entre mortero y bloque.

EJECUCIÓN

El constructor debe demostrar la eficacia del método de remoción propuesto. Para ello debe usar un panel de prueba en un área desapercibida de la construcción que incluya todos los tipos de construcción de hormigón a reparar.

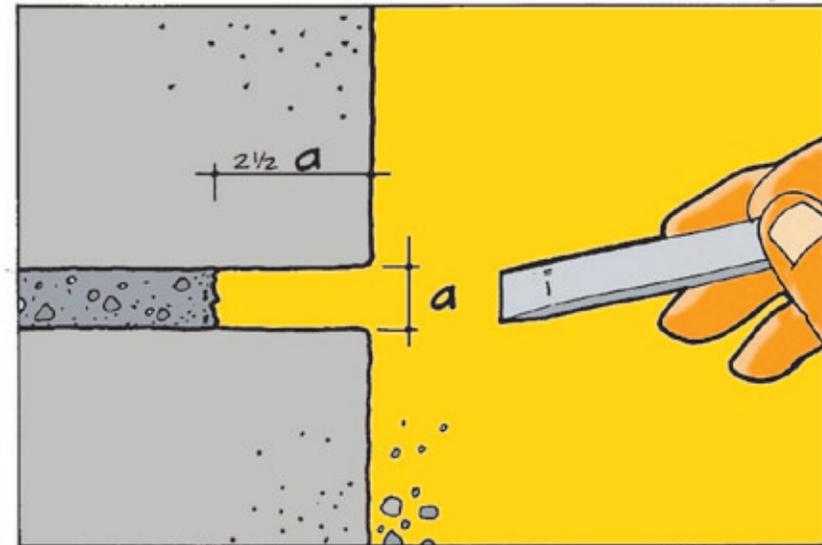
La junta se prepara removiendo el mortero a una profundidad de 2 1/2 veces el ancho de la junta. En la mayoría de los casos, la profundidad varía entre 1/2 y 1 pulgada. Se debe tener cuidado de no dañar los bloques adyacentes. El material suelto en las juntas debe removerse con un cepillo y la junta debe lavarse 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 darle la consistencia adecuada al mortero de reparación.

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



CONTROL DE CALIDAD

- Hay que asegurarse de que solamente se estén removiendo las uniones deterioradas o dañadas.
- Se requieren muestras del mortero removido para verificar que el nuevo mortero sea similar al original.
- Se requieren paneles de prueba para verificar la calidad del trabajo. Los paneles deben conservarse para comparación una vez avance el fraguado y la pared se seque.
- Deben inspeccionarse las juntas después de la preparación del área para verificar qué cantidad de mortero viejo tiene que ser removido.
- Hay que asegurarse de que las juntas están humedecidas antes de aplicar el nuevo mortero.
- Hay que asegurarse de que las juntas se estén fabricando para igualar la apariencia original. A menudo las esquinas de los bloques están desgastadas, y si las juntas nuevas están completamente llenas en la superficie, las uniones serán más anchas que las originales, afectando con esto la apariencia final de la pared reparada.
- Si las esquinas de los bloques están resquebrajadas o desgastadas, será necesario rebajar levemente el mortero en la junta nueva para lograr la apariencia original.



LIMITACIONES

El propietario, el consultor y el constructor deben considerar que la remoción del mortero puede ser una reparación costosa y que requiera tiempo, aunque en muchos casos puede ser duradera.

A.3 REPARACIÓN COSMÉTICA: INYECCIÓN DE GRIETAS CON EPÓXICOS

DESCRIPCIÓN

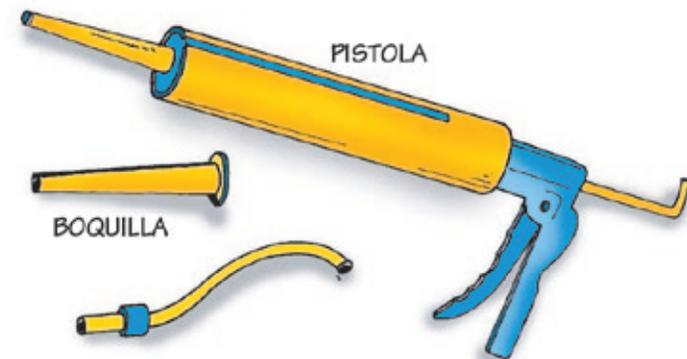
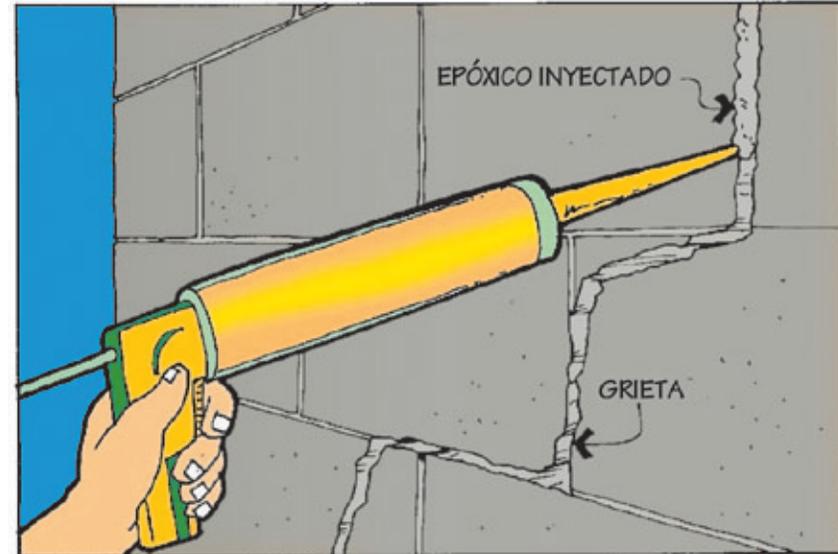
La inyección de grietas consiste en aplicar un agente de fijación estructural dentro de la grieta con el propósito de llenarla y mejorar la adherencia entre los bloques. Varios tipos de materiales y métodos pueden usarse para inyectar la grieta, según los requerimientos. Para paredes de bloques de hormigón reforzados, típicamente el epóxico se inyecta a presión dentro de las grietas. Para paredes de bloques huecos, 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 usarse 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.

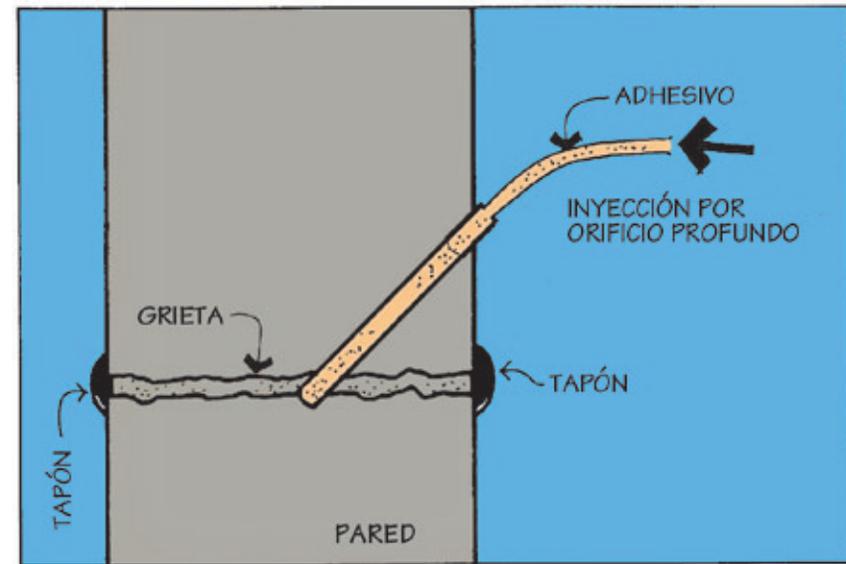


EJECUCIÓN

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 de la pared. 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 de la pared, dependiendo de la viscosidad del material de inyección y de las recomendaciones del fabricante.

Cuando se requieran reparaciones que abarquen todo el espesor de la pared, se recomienda sellar ambas superficies de la pared 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 aparezca en dicha ubicación.

Pueden utilizarse sistemas de inyección múltiple simultánea. Los puertos inyectados deben sellarse inmediatamente después de 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 se haya fraguado.



CONTROL DE CALIDAD

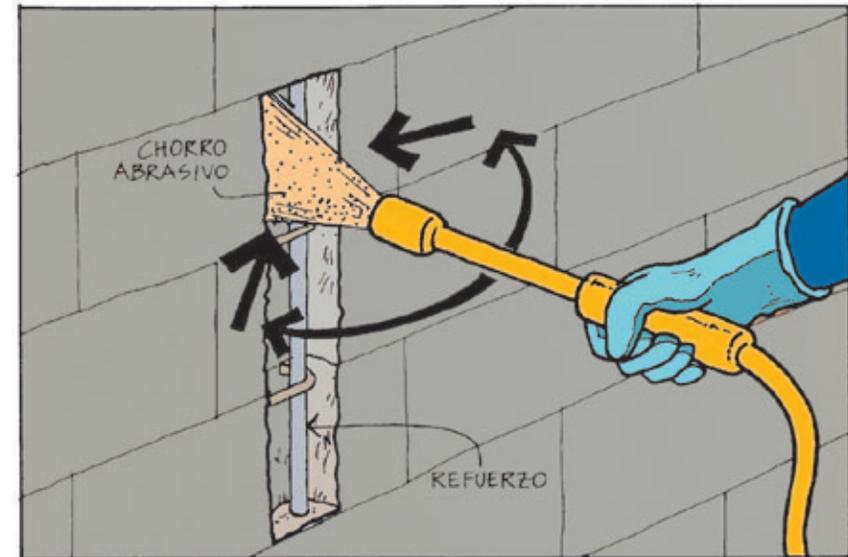
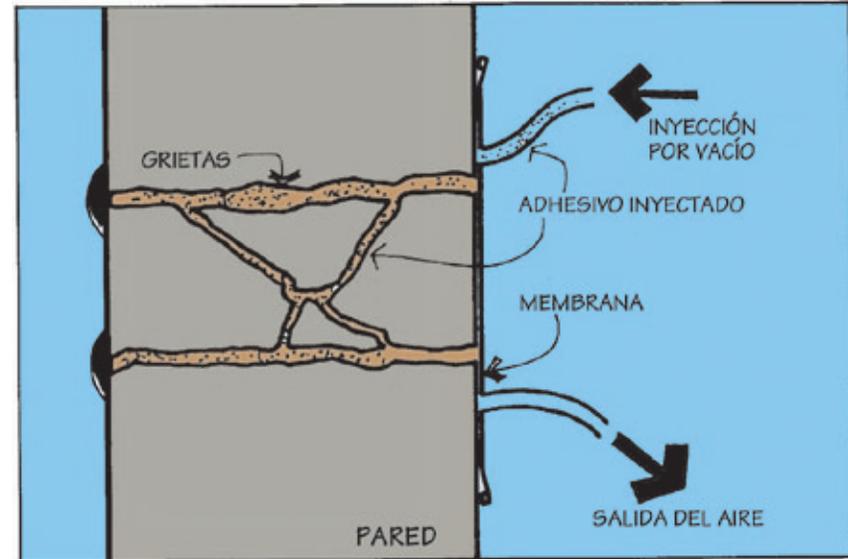
Se debe contar con personal especializado en la inyección de grietas. El equipo de mezcla debe evaluarse y probarse antes de iniciar el trabajo. Se deben preparar y probar muestras para observar la consistencia del epóxico y la adherencia con los bloques existentes. Las proporciones de la mezcla deben verificarse al menos dos veces por día durante el trabajo de aplicación del epóxico con el fin de garantizar que la mezcla esté entre las tolerancias indicadas por el fabricante. Las pruebas deben realizarse a presiones similares a las que se utilizarán en el trabajo.

La efectividad de la inyección en las grietas puede confirmarse por diferentes métodos. Sin embargo, en general estos métodos sirven para verificar únicamente el grado de penetración del epóxico dentro de las grietas y no verifican la adecuada unión del epóxico a los bloques existentes. En algunos casos pueden extraerse núcleos que atraviesen las grietas después de inyectadas para verificar visualmente que el epóxico efectivamente haya penetrado en las grietas. Típicamente se especifican núcleos de 2 pulgadas de diámetro. El espaciamiento entre los núcleos debe ser entre 6 y 12 pulgadas. También pueden utilizarse métodos de evaluación no destructivos.

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 eliminar tanto el contaminante como la humedad, ya que estos disminuyen la adherencia final.

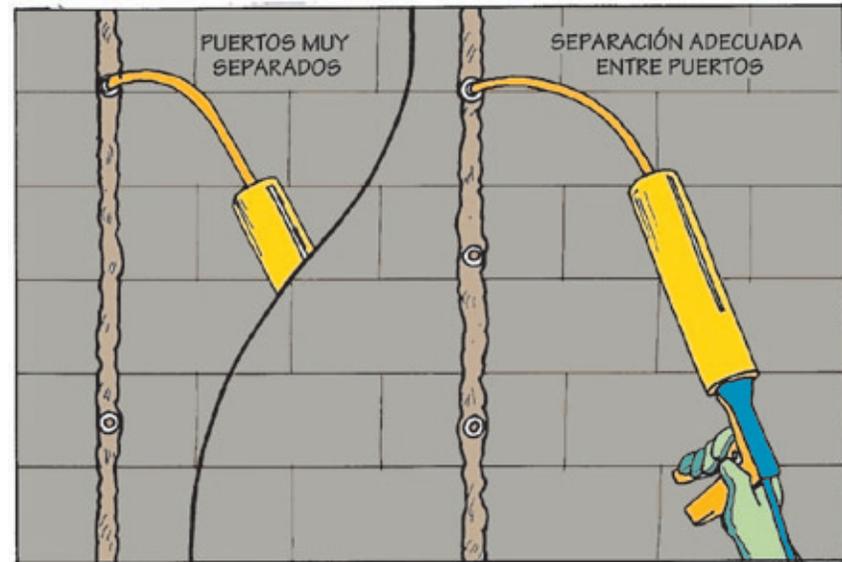
Los epóxicos de baja viscosidad no serán efectivos para grietas con anchos superiores a 1/2 pulgada. Para anchos mayores de 1/2 pulgada, se recomienda usar un epóxico de mediana viscosidad.



Para grietas superficiales con anchos mayores de 1.5 pulgadas, se recomienda usar pastas epóxicas o gel. Para grietas de mayor espesor en la superficie, puede usarse 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 varillas de refuerzo. Para lograr una buena adherencia, el epóxico debe penetrar a lo largo de la superficie de la varilla de refuerzo y rodearla completamente.

El operador debe controlar la cantidad de epóxico a inyectar, relacionando los espacios vacíos y la distancia entre los puntos de inyección. La inyección debe interrumpirse si la cantidad requerida excede 50% de la cantidad estimada inicialmente. Esto es particularmente importante cuando la inyección se realiza en paredes de bloques de hormigón. Una cantidad excesiva de epóxico inyectado indica que el epóxico se está saliendo de la grieta, de la junta o de las celdas de los bloques de hormigón. 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 de la pared antes de aflorar por el punto adyacente.

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



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

DESCRIPCIÓN

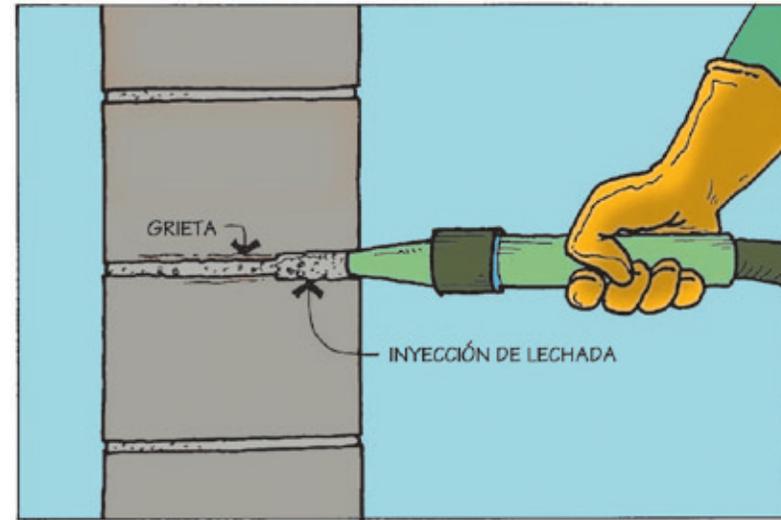
Las grietas a lo largo de las juntas de mortero en paredes de bloques no reforzados o reforzados que presenten desplazamientos horizontales en el plano de la pared pueden repararse mediante inyección de lechada dentro de la grieta. La lechada rellena el espacio de la grieta adhiriéndose al bloque de hormigón, a la vez que llena los vacíos de la pared tales como en el cuello de la junta. Si la adherencia del relleno es al menos igual a la adherencia del mortero original, la pared reparada tendrá la misma o mayor resistencia y rigidez que la original antes de ocurrir el 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 la mezcla en una reparación de prueba antes de extender el proceso a toda una obra.

EQUIPO

Se requiere un equipo de mezcla y bombeo, y un sistema de monitoreo y de presión. Puede requerirse equipo adicional, dependiendo de las condiciones locales. Un taladro rotatorio de aire comprimido es útil para impedir la acumulación de polvo y finos en el hueco.



EJECUCIÓN

Las paredes 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 uniformar todas las grietas y juntas a reparar. Los bloques sueltos deben retirarse y colocarse nuevamente con mortero.

Los huecos de inyección deben taladrarse en la parte superior de las juntas en los bloques rotos a través de la propia pared 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 que se deben 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 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 realizarse con personal calificado. Deben verificarse la calidad de los materiales, la dosificación, la presión de inyección, la cantidad de lechada inyectada y el acabado final.

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

LIMITACIONES

Este procedimiento es efectivo en general para grietas entre aproximadamente 1/4 a 4 pulgadas de ancho. No se recomiendan resinas epóxicas para inyección dentro de bloques de hormigón, ya que las propiedades del epóxico no son en general compatibles con las del bloque de hormigón. Las 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 es posible que no restaure todos los esfuerzos de compresión de los bloques, dado que la lechada no necesariamente penetra en todas las microgrietas.

Aumentar la presión de bombeo no es una forma efectiva de aumentar 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.

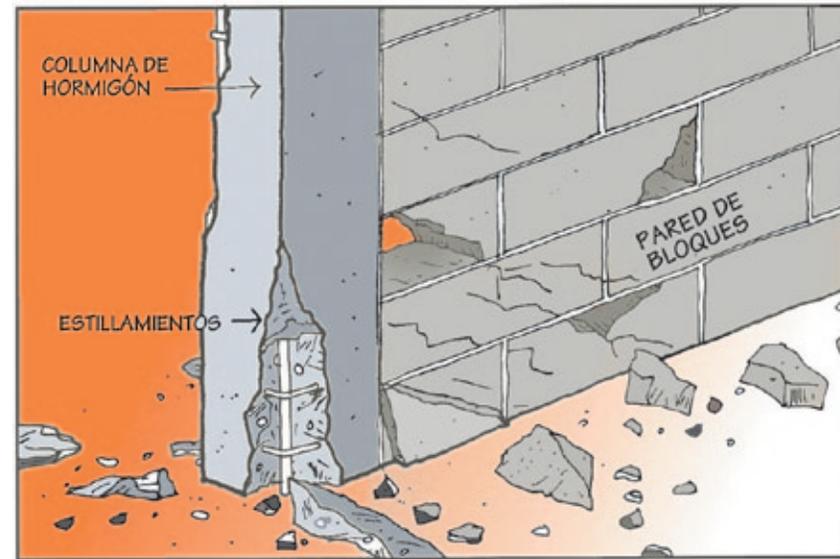
A.5 REPARACIÓN ESTRUCTURAL: ROTURAS O ESTILLADURAS DE MATERIAL

DESCRIPCIÓN

Las roturas o estilladuras son pequeñas secciones de pared o elementos estructurales que se sueltan o se desplazan. Las roturas o estilladuras pueden ocurrir en paredes o elementos de hormigón y de bloques de hormigón. 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 la localización de las roturas o estilladuras y del material de la pared. Los procedimientos para reparación de roturas y estilladuras pueden usarse en hormigón, bloques de hormigón reforzados y no reforzados, y paneles.

MATERIALES DE REPARACIÓN

En general, para paredes de bloques reforzados se puede utilizar como material de reparación un mortero de cemento adicionado en algunos casos con materiales inorgánicos (hormigón 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 el uso de anclajes mecánicos con epóxico embebido para garantizar el monolitismo de la reparación.



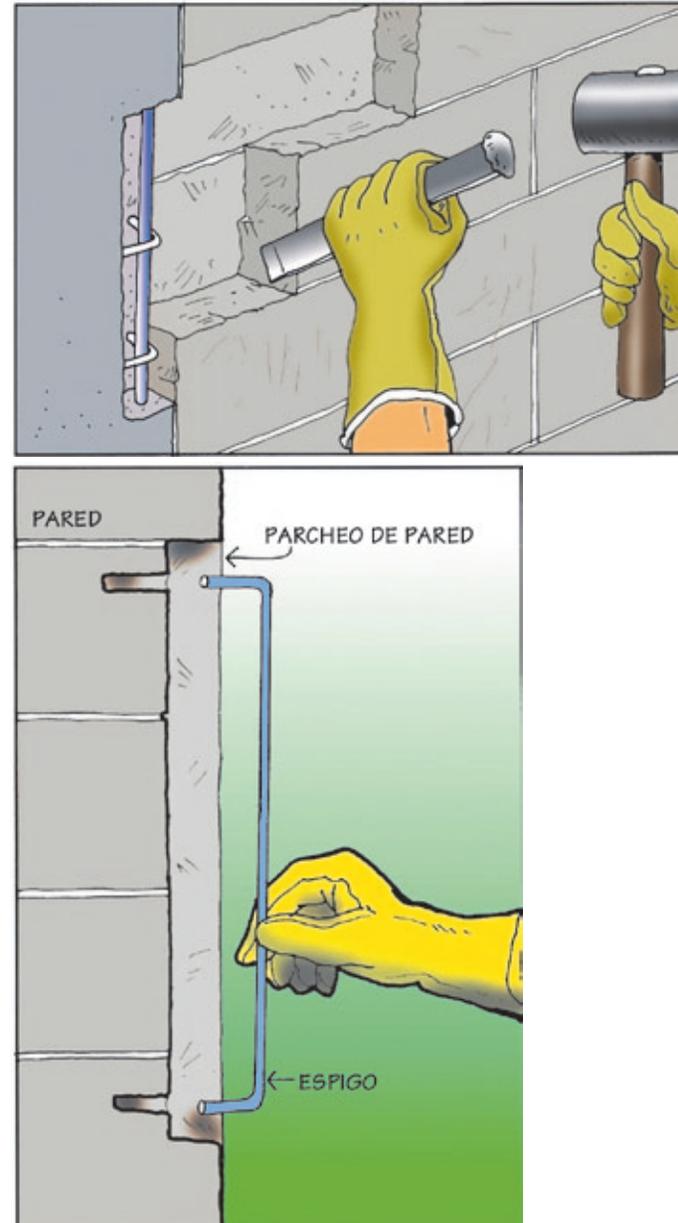
EQUIPO

Marrón, cincel, esmeril o sierras de hormigón y herramientas de mezcla y colocación.

EJECUCIÓN

En paredes o elementos de hormigón o bloques de hormigón reforzados, se debe remover el material suelto con marrón y cincel hasta que quede expuesto el material sano. Si las varillas de refuerzo están significativamente expuestas, el hormigón o la lechada deben removerse para proveer suficiente espacio alrededor de las varillas 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.

Las roturas y estilladuras poco profundas son aquellas que tienen menos de 0.79" de profundidad. Para grandes parcheos, se deben colocar espigos de acero anclados con un epóxico al material sano y ubicarlos 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 necesario añadir agentes adherentes en la superficie. La superficie del mortero aplicado debe cepillarse con una escoba dura o con un cepillo. Posteriormente debe aplicarse un acabado con una llana metálica en forma ascendente. El acabado de la superficie debe ser en su apariencia lo más similar posible a la pared existente. El parcheo debe someterse a un curado equivalente al de un hormigón estándar (Ver Capítulo 1).



CONTROL DE CALIDAD

El constructor debe estar familiarizado con los procedimientos de reparación. El aspecto más crítico es la adherencia del material nuevo al material sano, y a este aspecto debe dársele especial atención. La adherencia debe evaluarse y controlarse mediante algún método aprobado y mediante tramos de prueba.

LIMITACIONES

Cuando se realizan parcheos de roturas o estilladuras en paredes de bloques no reforzados y confinados, puede ser difícil obtener materiales de reparación que tengan propiedades similares a los bloques. La reparación puede generar cambios en la apariencia de la pared debido al parcheo. Además, algunas reparaciones pueden incluir el reemplazo o la adición de bloques completos o seccionados.

Los procedimientos de reparación planteados son adecuados para estilladuras en hormigón o bloques de hormigón reforzados de hasta 3.94¹³ en volumen aproximadamente. Las estilladuras de mayor cuantía en paredes de bloques de hormigón confinados, reforzados y no reforzados exigen en general el reemplazo de las 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 experimentaran 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 estructural.



A.6 REPARACIÓN ESTRUCTURAL: REEMPLAZO DE VARILLAS DE REFUERZO

DESCRIPCIÓN

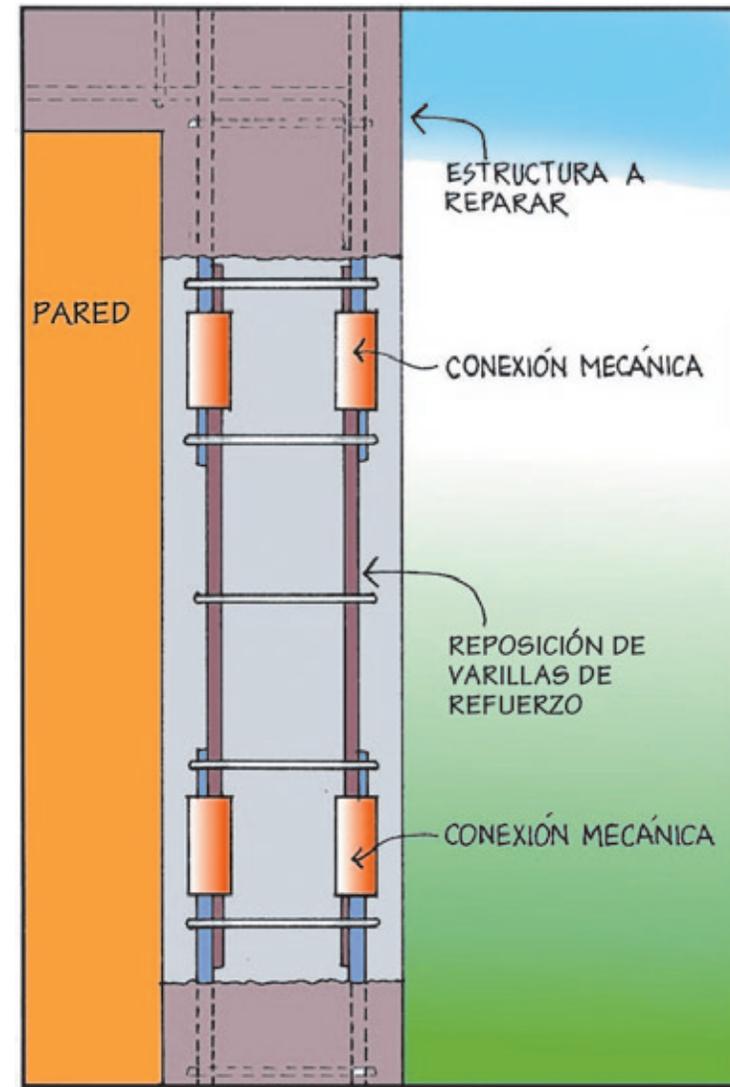
El reemplazo de varillas de refuerzo afectadas como parte de los daños exige la disposición de nuevas zonas de solape para conectar la pared de refuerzo nueva con las existentes. Ante las dificultades que esto genera, se recomienda utilizar conexiones mecánicas.

Las conexiones mecánicas son particularmente útiles para conectar nuevas varillas a varillas existentes embebidas en los bloques de hormigón o en una estructura de hormigón. Son también útiles para reparar estructuras dañadas. Cuando han ocurrido fracturas en varillas de refuerzo o cuando los empalmes de varillas solapadas convencionales presentan fallas, 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 varilla de refuerzo y reemplazarla con una nueva. En este caso se requieren dos conexiones mecánicas, cuando esto sea posible.

No se acepta utilizar soldaduras para reemplazar tramos de varillas de acero afectadas.

MATERIALES DE REPARACIÓN

Los materiales requeridos para una conexión mecánica incluyen: el dispositivo de conexión y la varilla 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 garantice una adecuada conexión entre las varillas, 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 sin impacto.

Algunos dispositivos requieren equipo especial, como prensas hidráulicas. Los aparatos requeridos varían con el tipo de conexión. Debe consultarse al fabricante del mecanismo seleccionado para definir los requisitos específicos de instalación.

EJECUCIÓN

A menos que se requieran extremos con rosca en las varillas de refuerzo a ser conectadas, en general no se necesita hacer otra cosa que el corte y la limpieza de los extremos de las varillas.

Las conexiones para varillas embebidas en bloques de hormigón requieren usualmente bastante espacio para lograr insertar los mecanismos de conexión, aunque este espacio es en general mucho menor que el requerido para un solape convencional. Una vez reemplazado el tramo de varilla afectado y realizada la conexión, se debe proceder a alinear la varilla y sujetarla firmemente en su posición final antes de proceder al parcheo final.

CONTROL DE CALIDAD

Antes del ensamblaje final de la conexión, se debe verificar el largo de la varilla de refuerzo a ser conectada, la distancia requerida por los mecanismos de conexión y el alineamiento final del tramo reparado.

Se deben solicitar al fabricante las pruebas de laboratorio que corroboren la calidad de los mecanismos de conexión tanto en resistencia a la tensión como ante cargas cíclicas.

LIMITACIONES

Los mecanismos con rosca generalmente no son adecuados para conexiones que conllevan varillas existentes embebidas en el hormigón, debido a la dificultad que implica crear la rosca de las varillas embebidas.

Algunos mecanismos especiales de conexión tienen restricciones de uso que deben ser evaluadas.

A.7 REPARACIÓN ESTRUCTURAL: REEMPLAZO DE PAREDES

DESCRIPCIÓN

El reemplazo de paredes requiere la remoción y colocación de una nueva pared. La remoción de la pared afectada debe realizarse cuidadosamente, de manera que se logre adaptar dovelas de empalme con el refuerzo existente para lograr continuidad con el nuevo refuerzo. La construcción de la nueva pared debe ser lo más similar posible a la construcción de la pared existente.

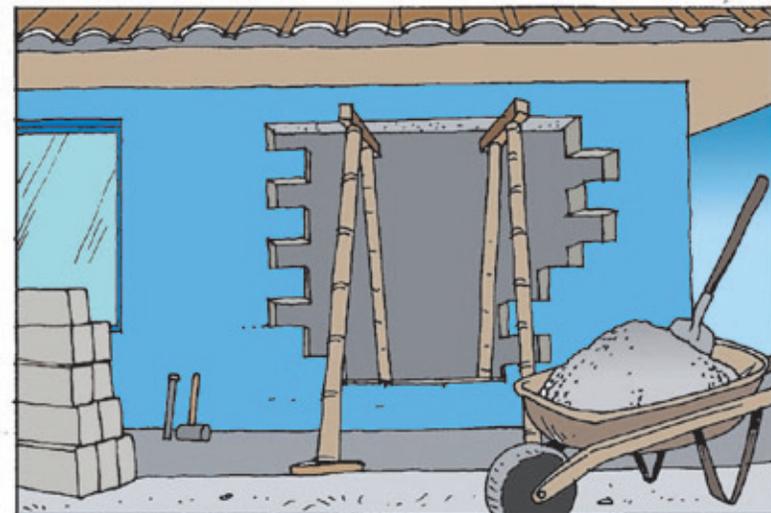
MATERIALES DE REPARACIÓN

En general se deben utilizar materiales de construcción lo más similares posible a los utilizados en la pared existente. Todos los materiales deben cumplir, como mínimo, los requisitos de calidad establecidos en el Capítulo I de este manual.

EQUIPO

El equipo dependerá de la construcción de la pared existente y de los métodos usados para instalar la nueva pared. La siguiente es una lista de equipos que se pueden necesitar para remover y reemplazar paredes:

- Cinceles y marrones para remoción de la pared
- Cinceles delgados para preparar la superficie de la estructura que no se elimina
- Equipo para mezcla y colocación del hormigón, lechada o mortero
- Seguetas para cortar el refuerzo de la pared que se va a remover



EJECUCIÓN

Si la pared existente es una pared de carga, se deben instalar puntales adyacentes a la pared para soportar las cargas de gravedad mientras se remueve la sección de pared afectada. Alrededor del perímetro de la zona afectada se debe tener cuidado de minimizar los daños y evitar que se afecten las varillas de refuerzo, si las hay. Las superficies de material sano que permanecen deben prepararse para recibir el nuevo material. Para hormigón y bloques de hormigón reforzados, la superficie de la estructura debe repicarse para crear asperezas con amplitudes del orden de 1/4 de pulgada.

Las nuevas varillas de refuerzo deben unirse a las varillas existentes. Si se requieren nuevas varillas de refuerzo para unir a la estructura existente, estas varillas 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 varilla. Debe consultarse al fabricante del epóxico para determinar la profundidad adecuada de anclaje y el procedimiento que se recomienda seguir.

El nuevo hormigón puede ser hormigón tradicional o preferiblemente hormigón disparado.

Los hormigones, morteros y lechadas de la nueva pared experimentarán contracción por secado. La estructura existente no se contraerá, por lo cual la contracción causará una grieta 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 la nueva pared, se pueden sellar las grietas de encogimiento 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 hormigón, lechada o mortero debe ser dado por el constructor y revisado antes de usarse. La distribución y anclaje del acero de refuerzo deben ser inspeccionados antes de fundir la pared de hormigón o instalar los bloques de hormigón. 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. Además, deben realizarse los controles de calidad establecidos en el Capítulo I para construcción de paredes.

LIMITACIONES

Si la pared reemplazarse fue construida con bloques de hormigón no reforzados, NO se debe reemplazar con una pared del mismo tipo. En ese caso probablemente la vivienda o el elemento deben reforzarse.

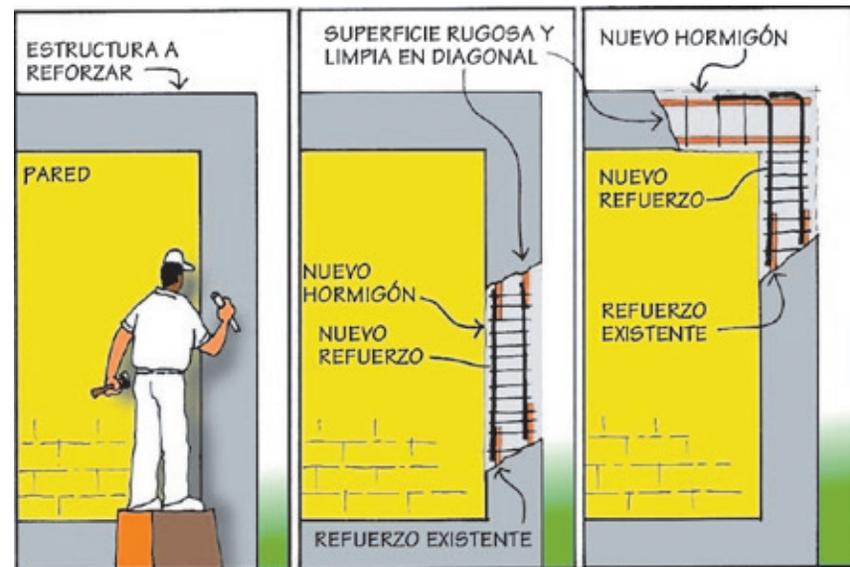
A.8 REPARACIÓN ESTRUCTURAL: REPARACIÓN DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO DE HORMIGÓN REFORZADO

DESCRIPCIÓN

Los elementos de confinamiento que estén afectados de manera importante deben someterse a una reparación estructural. Esta consiste en la remoción de la totalidad del hormigón agrietado, dejando al descubierto la totalidad del refuerzo. Después debe identificarse el refuerzo afectado, tanto longitudinal como transversal, aquel que se haya deformado permanentemente o se encuentre deformado o afectado de cualquier manera. Se removerá todo el refuerzo afectado y se reemplazará por nuevo refuerzo de características similares a las del refuerzo inicial. Se removerá suficiente hormigón para garantizar los empalmes requeridos en el refuerzo longitudinal. Se amarrará el nuevo refuerzo al refuerzo existente y se fundirá el nuevo hormigón.

MATERIALES DE REPARACIÓN

En general se deben utilizar materiales de construcción lo más similares posibles a los 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 hormigón reforzado:

- Cinceles y marrones
- Cinceles delgados para preparar la superficie de la estructura que no se elimina
- Equipo para mezcla y colocación del hormigón, lechada o mortero
- Seguetas para cortar el refuerzo de la pared que se removerá

EJECUCIÓN

Luego de hacer la abertura en la pared, se procederá a limpiar las superficies de la perforación, eliminando toda presencia de polvo o material agrietado y suelto que no permita garantizar la adherencia del hormigón nuevo con las superficies 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 hormigón, de manera que quede uniforme con el hormigón existente.

El curado del hormigón se hará por humedecimiento continuado durante los 5 primeros días y al menos 3 veces diarias.

CONTROL DE CALIDAD

El diseño de la mezcla para el hormigón, lechada o mortero debe ser dado por el constructor y revisado antes de usarse. La distribución y el anclaje del acero de refuerzo se inspeccionarán 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 hormigón.

LIMITACIONES

Si se requiere reemplazar varillas 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

DESCRIPCIÓN

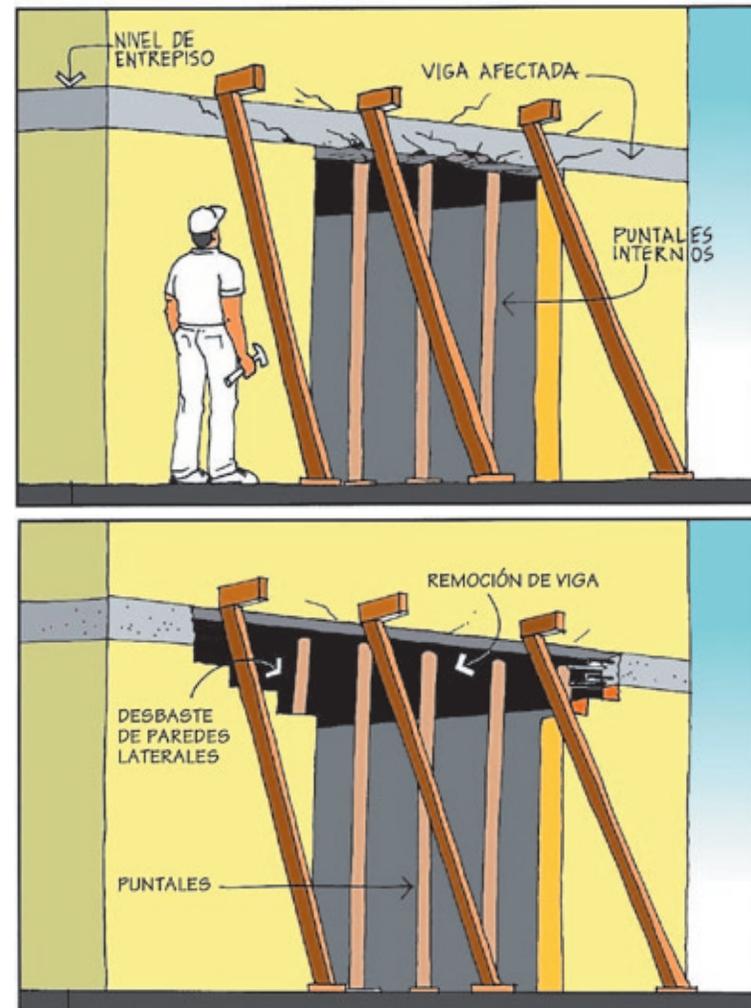
Este tipo de reparación implica el reemplazo de elementos tales como vigas gruesas de madera o de hormigón, las cuales van empotradas a la pared.

MATERIALES DE REPARACIÓN

En general se deben utilizar materiales de construcción lo más similares posibles a los utilizados en el elemento de entrepiso. 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.



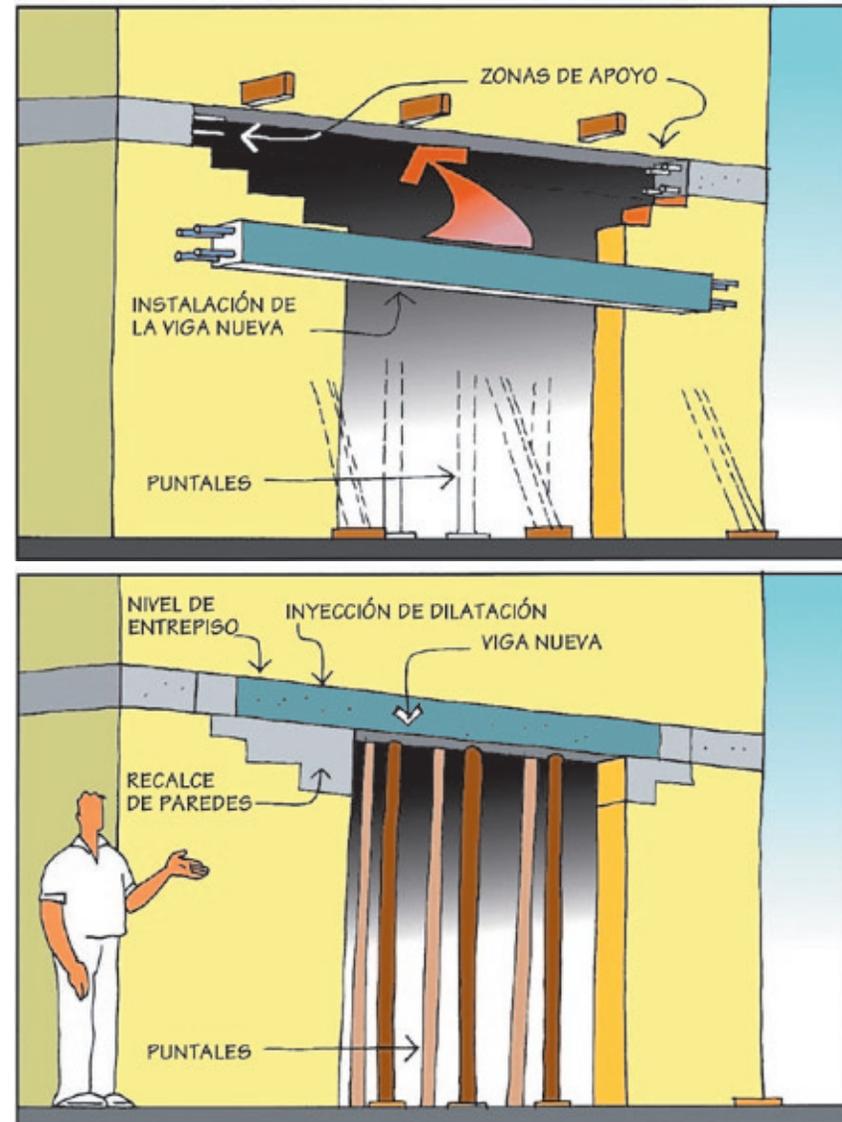
La viga se corta o se demuele por los extremos a unas 8 a 12 pulgadas de distancia de la pared en que está empotrada y se desmonta cuidadosamente la parte suelta.

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

CONTROL DE CALIDAD

Para vigas de hormigón, debe verificarse el diseño de la mezcla utilizada en su construcción, así como la colocación del acero de refuerzo.

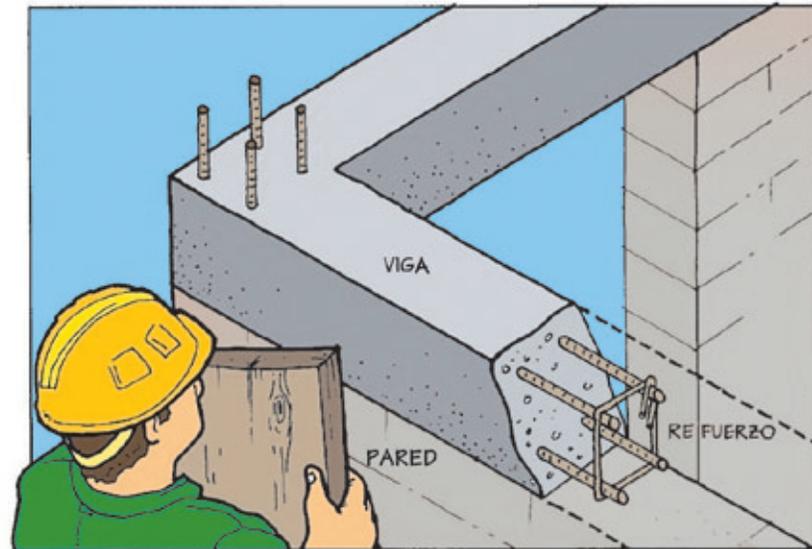
Las vigas de madera deben ser de excelente calidad y se les deben colocar sustancias preservantes para garantizar su durabilidad. Esas sustancias deben presentar buena penetrabilidad y permanencia. Igualmente se deben conocer sus condiciones de toxicidad, grado de corrosión y capacidad fitotóxica (resistencia a la toxicidad producida por agentes vegetales).



B. REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS

El reforzamiento de las viviendas consiste en realizar las obras requeridas para dar mayor capacidad de carga a la vivienda sin que ésta presente necesariamente daños causados por terremotos u otros efectos. El reforzamiento de una vivienda debe realizarse cuando se desee disminuir la vulnerabilidad de la edificación. Las actividades más usuales relacionadas con el reforzamiento de viviendas son:

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



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

DESCRIPCIÓN

Este tipo de reforzamiento consiste en construir elementos en hormigón reforzado, tales como vigas y/o columnas de confinamiento, las cuales van empotradas a la pared.

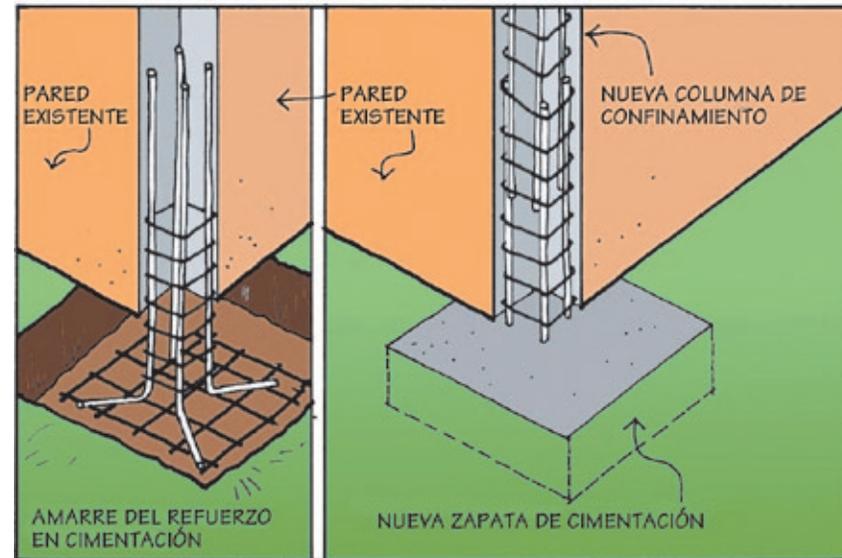
MATERIALES DE REPARACIÓN

- Cemento, agregado y agua
- Varillas de refuerzo

EQUIPO

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

- Cinceles y marrones
- Equipo para mezcla y colocación del hormigón, lechada o mortero
- Seguetas para cortar el refuerzo de la pared que se removerá

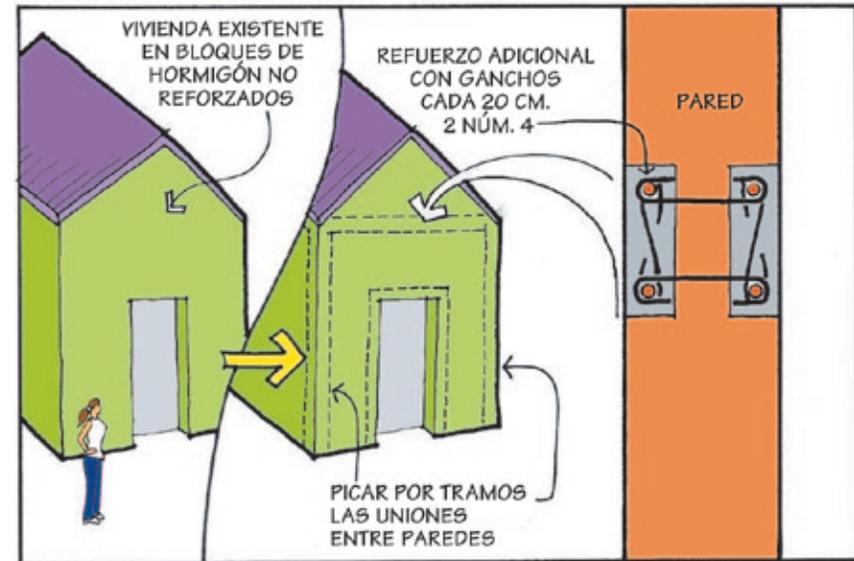


EJECUCIÓN

Se debe picar la pared donde se desea colocar las nuevas columnas y/o vigas de confinamiento. Se procede a colocar el acero de refuerzo y se verifica la colocación. Luego se colocan las formaletas y se funde el elemento teniendo el cuidado de realizar el vibrado para evitar la aparición de cucarachas. El nuevo elemento debe curarse de acuerdo con las indicaciones dadas en el Capítulo 1 de este manual.

CONTROL DE CALIDAD

El hormigón 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 HORMIGÓN REFORZADO

DESCRIPCIÓN

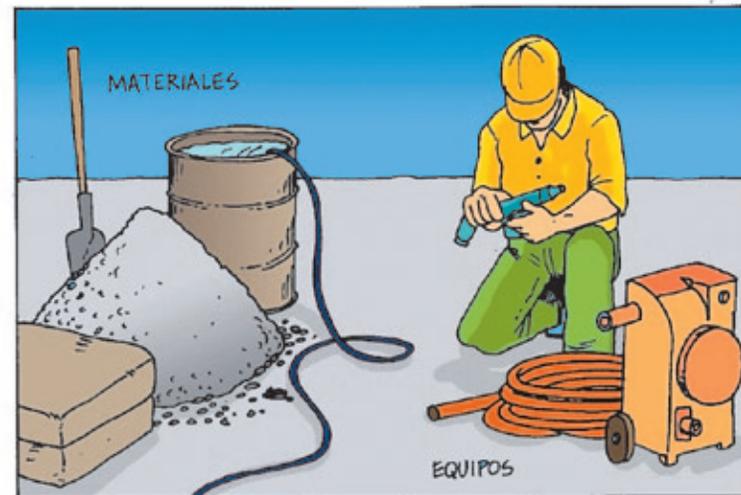
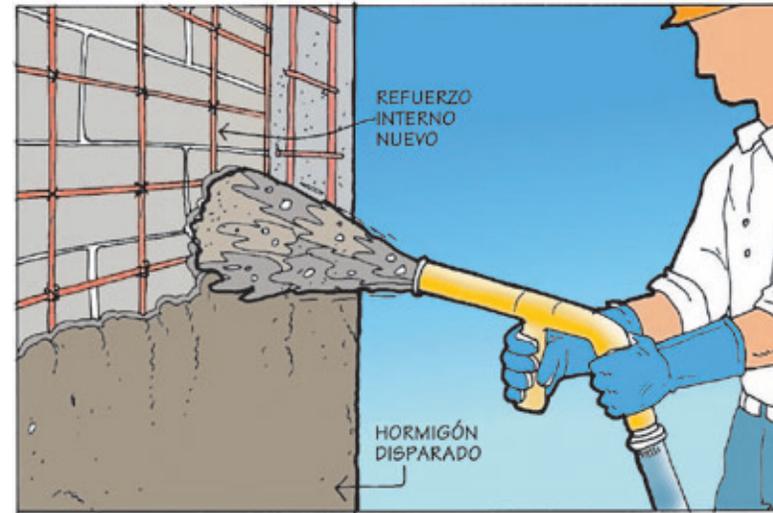
El revestimiento de hormigón se aplica ya sea neumáticamente (hormigón disparado) o mediante capas moldeadas en el sitio en una o ambas superficies de la pared. El hormigón debe reforzarse y unirse a la estructura existente para permitir un comportamiento monolítico entre la pared existente y el revestimiento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

En general, el revestimiento en hormigón reforzado debe aplicarse en ambas caras de la pared a reforzar.

En la práctica se usan dos procesos diferentes para disparar el hormigón: 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 dispara a la superficie. En el proceso de mezcla seca, el cemento seco y el agregado se introducen en la boquilla, donde se mezclan con agua mientras se lanzan desde la boquilla a la superficie.

MATERIALES DE REPARACIÓN

Cemento, agregado y agua.



EQUIPO

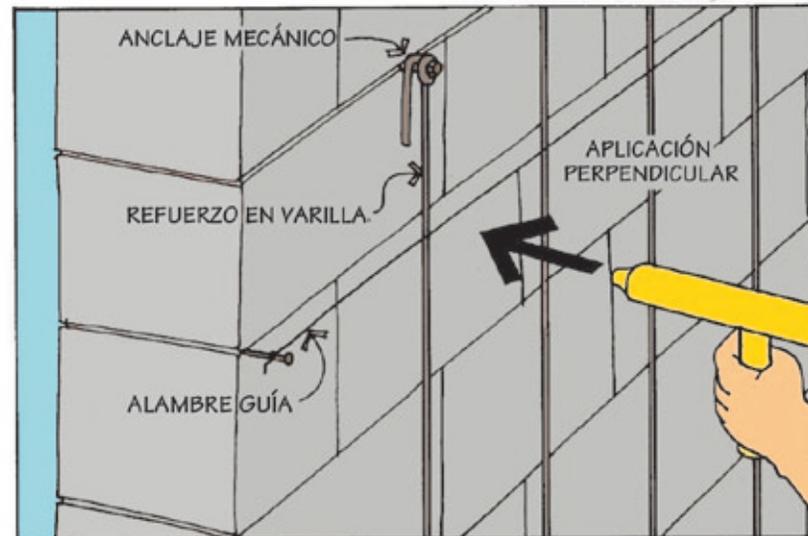
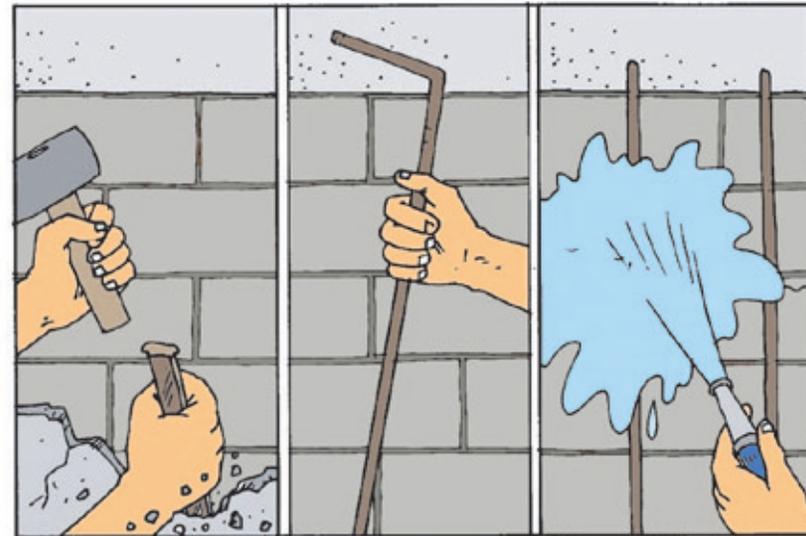
El equipo básico incluye un mezclador, bomba o inyector, compresores, mangueras y boquillas.

EJECUCIÓN

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

Antes de aplicar el hormigón disparado, la superficie de la pared existente debe prehumedecerse de manera que la humedad del hormigón especificado no se absorba dentro de la pared. Se deben instalar formas o guías de alambre para proveer control de alineamiento en la aplicación, finalización y verificación de suficientes soportes para el acero de refuerzo. En el caso de hormigón disparado, el operador de la boquilla debe dirigir el hormigón disparado desde la boquilla a la superficie con un flujo firme e ininterrumpido. El ángulo de la boquilla debe ser perpendicular a la superficie de la pared para reducir el rebote. Hay que asegurarse de aplicar el hormigón alrededor del acero de refuerzo.

El hormigón debe aplicarse en varios pasos comenzando en la base de la pared y con un espesor ligeramente superior al indicado con los alambres guía. Debe realizarse un curado húmedo durante al menos 1 día y preferiblemente durante los 7 días siguientes a la fundida.



CONTROL DE CALIDAD

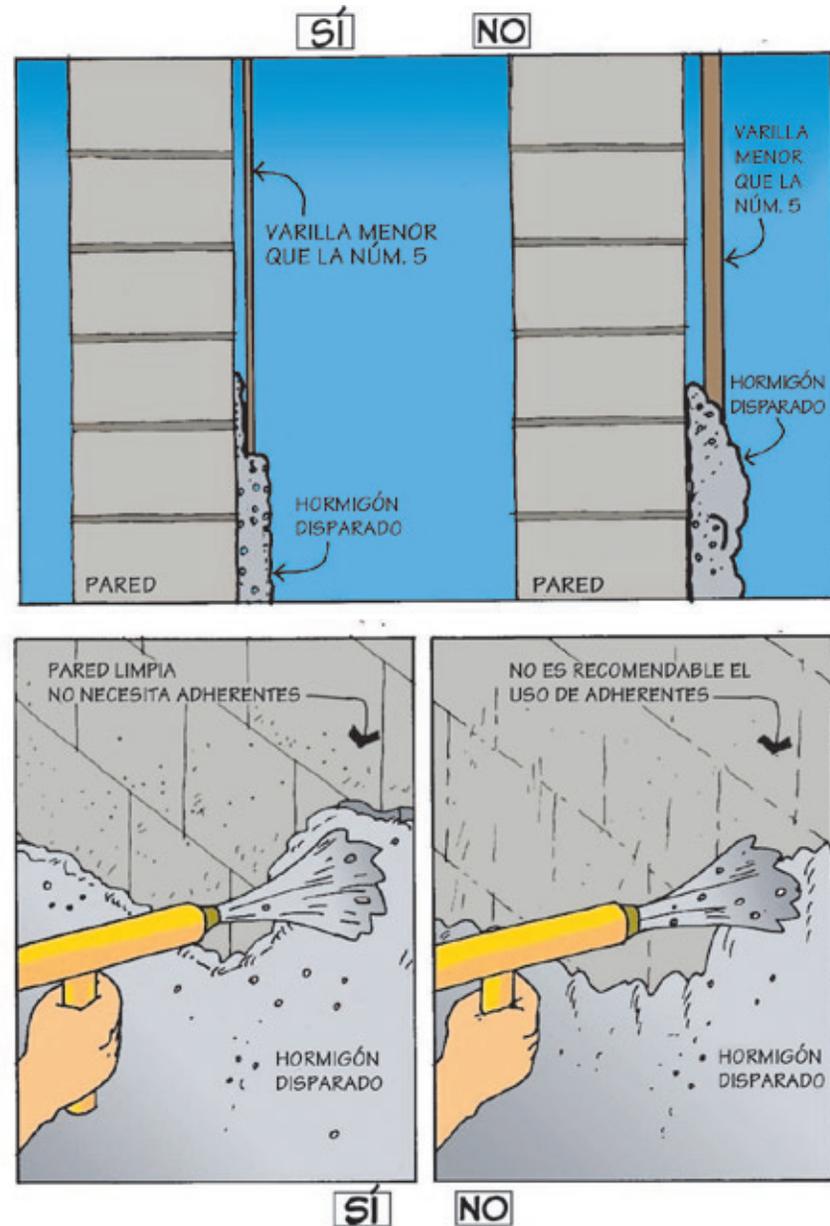
En el caso de hormigón aplicado en capas moldeadas, se deben seguir los mismos requisitos del Capítulo 1. Para el hormigón disparado, la calidad de la operación depende grandemente de la habilidad del operador de la boquilla, quien debe tener gran experiencia en aplicaciones similares.

El constructor debe establecer el diseño de la mezcla del hormigón disparado. Deben prepararse pequeños paneles de prueba al comienzo de cada día y al comienzo de cada vaciada de hormigón disparado. Los paneles de muestra deben curarse de igual manera que las paredes. Se tomarán núcleos o cubos de cada panel para someterlos a pruebas para verificar la resistencia a la compresión y la calidad del hormigón. La aplicación del hormigón disparado debe inspeccionarse continuamente. Deben verificarse los materiales, la colocación, la finalización y el curado de acuerdo con las especificaciones.

LIMITACIONES

Cuando se utiliza hormigón disparado, las varillas de acero de refuerzo deben ser varillas pequeñas. Las uniones por solape entre varillas se deben alternar para que no coincidan todas en una misma sección. El hormigón disparado se adhiere bien al hormigón y a las superficies de bloques de hormigón limpias. El uso de agentes adherentes no es recomendable.

Las varillas de refuerzo que se utilicen deben ser menores o iguales a la Núm. 5. Sin embargo, si se requieren varillas más grandes, el constructor debe realizar pruebas para demostrar que el hormigón disparado se puede colocar alrededor de las varillas de refuerzo. Se recomienda realizar una inspección total en la operación del hormigón disparado.



B.3 REFORZAMIENTO: REFUERZO DE LA CIMENTACIÓN

DESCRIPCIÓN

Este tipo de reforzamiento consiste en construir vigas de cimentación en hormigón reforzado o en reemplazar varillas de refuerzo que hayan sido afectadas. En este último caso se recomienda usar conexiones mecánicas y para ello se debe seguir el procedimiento descrito en el ítem A.6 (“Reemplazo de varillas de refuerzo”).

MATERIALES DE REPARACIÓN

- Cemento, agregado y agua
- Varillas de refuerzo

EQUIPO

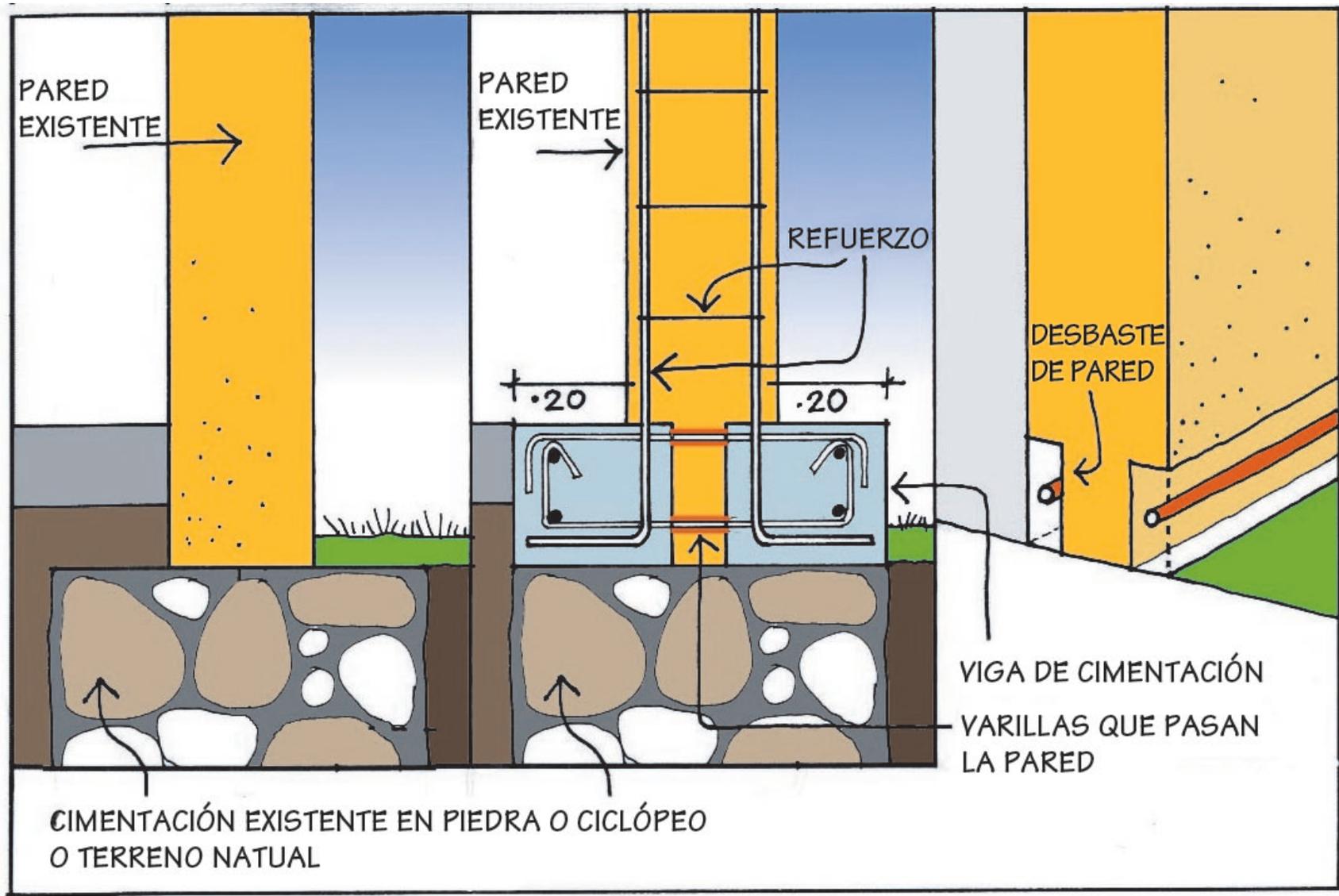
- La siguiente es una lista de equipos que se pueden necesitar para reforzar la cimentación:
- Cinceles y marrones
- Equipo para mezcla y colocación del hormigón, lechada o mortero
- Seguetas para cortar el refuerzo
- Equipo para excavaciones

EJECUCIÓN

Para colocar la viga de cimentación, se debe realizar una excavación a lo largo de la pared a una distancia aproximada de 3.94" a cada lado de ella. La parte de la pared que está 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, y debe verificarse la disposición del mismo. Luego se colocan las formaletas y se funde el elemento teniendo el cuidado de realizar un vibrado correcto para evitar la aparición de cucarachas. El nuevo elemento debe curarse de acuerdo con las indicaciones dadas en el Capítulo 1 de este manual.

CONTROL DE CALIDAD

El hormigón 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 hormigón reforzado alrededor de aberturas en las paredes con el fin de lograr un buen confinamiento.

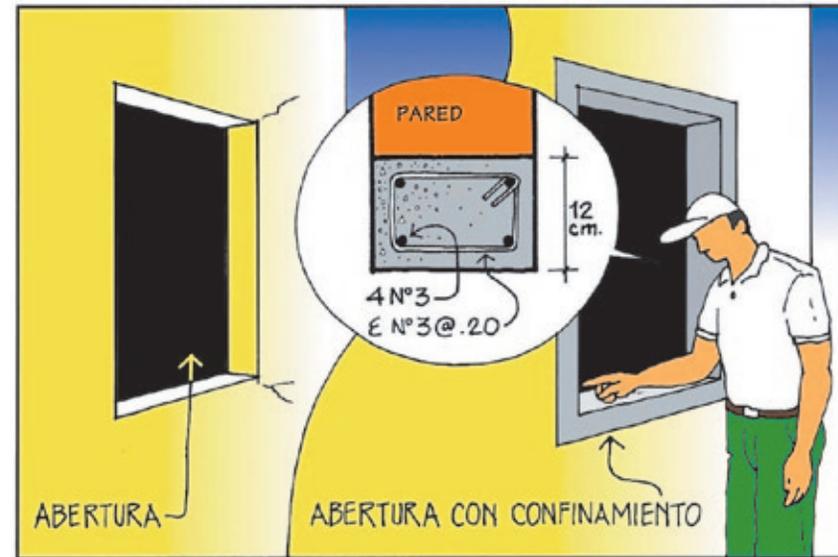
MATERIALES DE REPARACIÓN

- Cemento, agregado y agua
- Varillas de refuerzo

EQUIPO

La siguiente es una lista de equipos que se pueden necesitar para construir los elementos de confinamiento en hormigón reforzado:

- Cinceles y marrones
- Equipo para mezcla y colocación del hormigón, lechada o mortero
- Seguetas para cortar el refuerzo

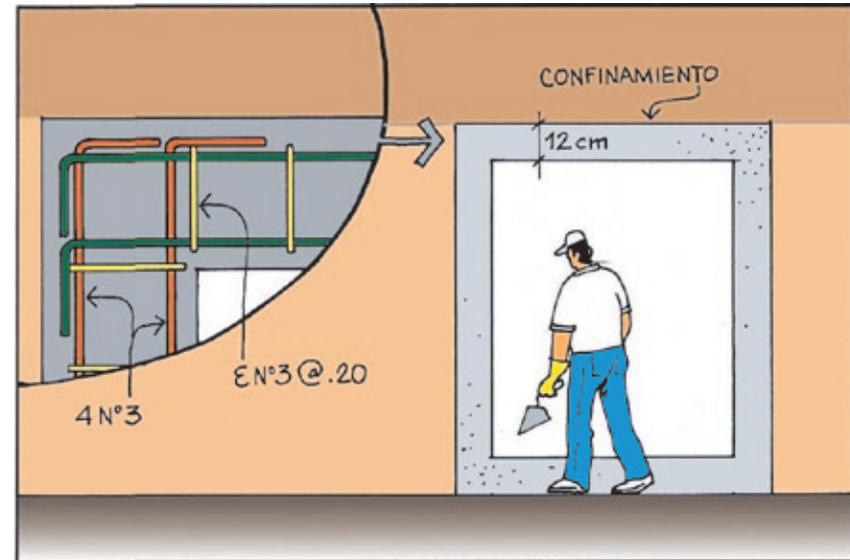


EJECUCIÓN

Se debe picar la pared donde se desea colocar los nuevos elementos de confinamiento. Se procede a colocar el acero de refuerzo, verificándose la disposición del mismo. Se deben colocar 4 varillas Núm. 3, tanto para refuerzo superior como inferior, tal como se indica en la figura. Los estribos deben ser Núm. 3, espaciados cada 8 pulgadas. Luego se colocan las formaletas y se funde el elemento teniendo el cuidado de realizar el vibrado para evitar la aparición de cucarachas. El nuevo elemento debe curarse de acuerdo a las indicaciones dadas en el Capítulo 1 de este manual.

CONTROL DE CALIDAD

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



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

DESCRIPCIÓN

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

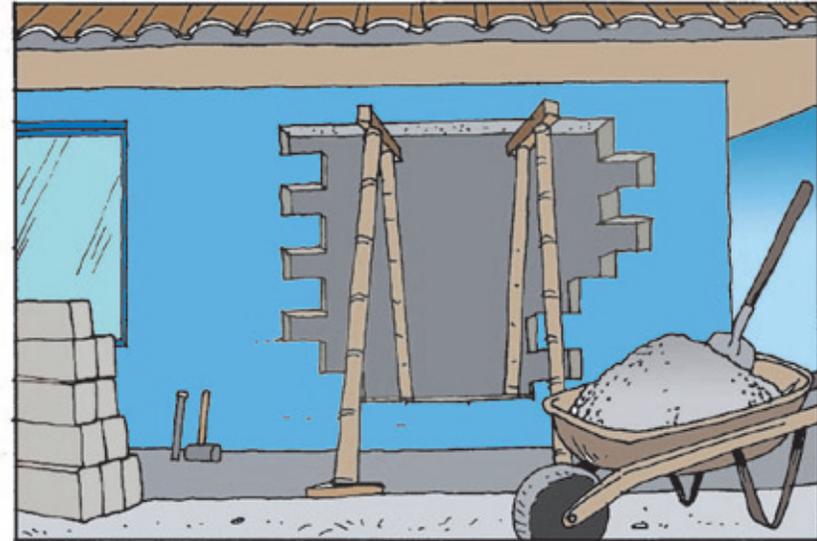
MATERIALES DE REPARACIÓN

Los materiales para la nueva pared deben ser lo más similares posible a los utilizados en las paredes existentes. Todos los materiales deben cumplir, como mínimo, los requisitos de calidad establecidos en el Capítulo I de este manual.

EQUIPO

El equipo dependerá de la construcción de la pared existente y de los métodos usados para instalar el pared nueva. La siguiente es una lista de equipos que se pueden necesitar para remover y reemplazar paredes:

- Cinceles y marrones para remoción de pared
- Cinceles delgados para preparar la superficie de la estructura que no se elimina
- Equipo para mezcla y colocación del hormigón, lechada o mortero
- Seguetas para cortar el refuerzo de la pared que se removerá



EJECUCIÓN

El procedimiento a realizarse es similar al que se realiza en el ítem A.7: (“Reparación estructural: reemplazo de paredes”), teniendo en cuenta que la pared debe contener acero de refuerzo.

Después de ocurrida buena parte de la contracción, entre dos y cuatro meses después de construida la nueva pared, se pueden sellar las grietas de retracción con epóxico.

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

CONTROL DE CALIDAD

El diseño de la mezcla para el hormigón, lechada o mortero debe ser dado por el constructor y revisado antes de usarse. La distribución y el anclaje del acero de refuerzo deben ser inspeccionados antes de fundir la pared de hormigón o instalar los bloques de hormigón. Un inspector especial familiarizado con la 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. Además, se realizarán los controles de calidad establecidos en el Capítulo I para construcción de paredes.

B.6 REFORZAMIENTO: REVESTIMIENTO ESTRUCTURAL – FIBRAS COMPUESTAS

DESCRIPCIÓN

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

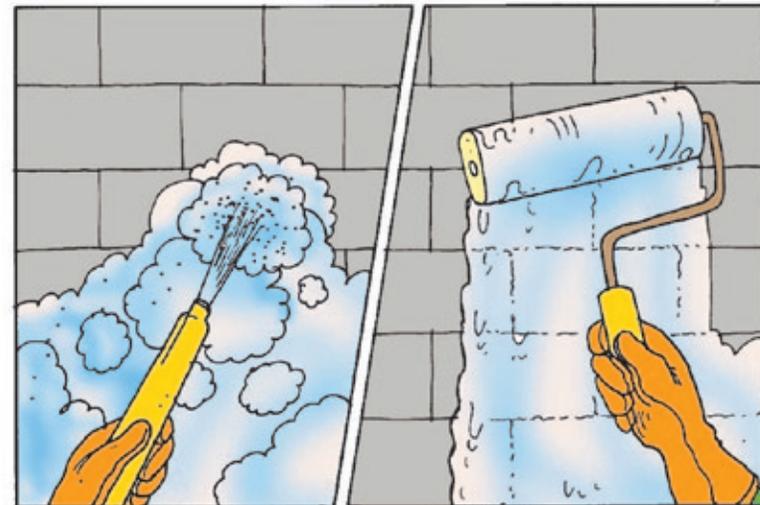
MATERIALES DE REPARACIÓN

Los materiales de reparación utilizados comúnmente son:

- Fibras de carbón o láminas de fibras de vidrio
- Epóxico para adherir las láminas a la pared
- Anclaje para unir las láminas de fibra compuestas

EJECUCIÓN

Las grietas en las paredes deben repararse con inyecciones de mortero epóxico. Las roturas y estilladuras también deben repararse. Las superficies de la pared se preparan limpiándolas con cepillo de alambre o chorro de arena suave, hasta obtener el acabado requerido para aplicar 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 del epóxico aglutinante mediante un rodillo. El número de capas y la orientación de las mismas dependen de las necesidades de reforzamiento. Pueden aplicarse epóxicos adicionales para cubrir totalmente las fibras.

La aplicación mínima exige por lo menos dos franjas de tela en diagonal en cada una de las dos direcciones, muy cerca de las diagonales principales de la pared.

Las capas de tela se deben prolongar alrededor de los extremos de la pared por la 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 de la pared y asegurados a esta. El epóxico debe someterse a curado por lo menos durante 24 horas o según las recomendaciones del fabricante.

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



CONTROL DE CALIDAD

La instalación de las fibras compuestas debe 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 de la pared (verificar la limpieza y el acabado según los requisitos).

- La mezcla del epóxico (verificar que los dos se hayan mezclado según las proporciones indicadas).
- La tela compuesta instalada (verificar que la tela esta completamente embebida en la resina epóxica).
- El recubrimiento de las láminas de tela y la envoltura de las láminas alrededor de las esquinas (verificar el anclaje de las telas según las indicaciones del fabricante).
- El curado del epóxico (asegurar que sea conforme con las recomendaciones del fabricante).

LIMITACIONES

No hay estándares para el diseño de las fibras compuestas usadas para reparar paredes de bloques de hormigón. Los fabricantes del material pueden suministrar referencias y recomendaciones de aplicación.

Las fibras de carbón tienen un módulo de elasticidad y esfuerzo de tensión que es superior al del acero. Las fibras de vidrio tienen un módulo de elasticidad y esfuerzo resistente a tensión más bajo. Tanto las fibras de vidrio como las de carbón presentan un comportamiento quebradizo en tensión.

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

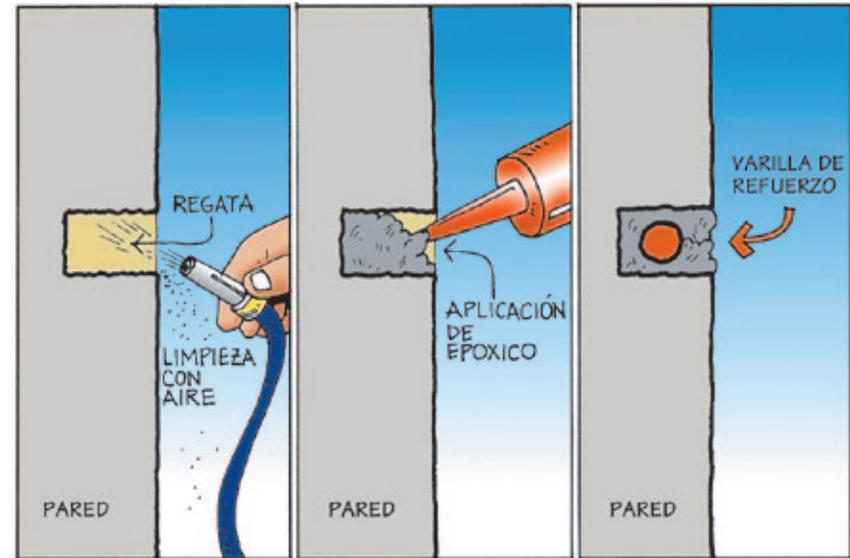
DESCRIPCIÓN

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

MATERIALES DE REPARACIÓN

Se requiere el siguiente equipo para las obras de reforzamiento :

- Taladros rotatorios para realizar las ranuras o regatas (no se recomiendan barrenas para sacar núcleos)
- Compresores de aire y cepillos
- Equipo para mezcla y colocación de resina epóxica y/o mortero



EJECUCIÓN

Típicamente se utilizan varillas Núm. 4 o Núm. 5 con una extensión aproximada de 19.68" a cada lado de la grieta. Para colocar el refuerzo embebido en la pared se hacen ranuras o regatas, las cuales deben interceptar la grieta en un ángulo aproximado de 45 hasta 90 grados.

Las ranuras o regatas deben limpiarse con aire comprimido y cepillo. El epóxico se coloca en la ranura o regata y entonces la varilla de refuerzo se inserta en el hueco. Debe colocarse suficiente epóxico dentro del hueco, de manera que cuando se coloque la varilla de refuerzo, se fuerce hacia afuera un poco de epóxico.

CONTROL DE LA CALIDAD

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

Un inspector debe verificar cada ranura o regata para garantizar que tenga la limpieza y profundidad requerida antes de insertar la varilla de refuerzo. También debe inspeccionarse la ranura o regata durante la colocación de la varilla de refuerzo para verificar que el epóxico llene completamente el espacio anular alrededor de la varilla.

LIMITACIONES

Las varillas instaladas a través de la grieta son efectivas solamente si hay suficiente espesor de material encima o debajo de la pared para el desarrollar la longitud de anclaje. No se deben usar varillas más grandes que la Núm. 5 porque es posible que no se consigan las debidas barrenas para lograr huecos lo suficientemente profundos para anclarlas adecuadamente.

Debe tenerse cuidado de evitar daños en las varillas de refuerzo existentes cuando se taladren los huecos para las nuevas varillas. Deben usarse detectores de varillas para distribuir la colocación de las varillas nuevas con respecto a las existentes.

C. RECONSTRUCCIÓN

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

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

BIBLIOGRAFÍA

1. Evaluation of Earthquake-damaged Concrete and Masonry-wall Buildings. Basic Procedures Manual. FEMA 306, mayo 1999.
2. Evaluation of Earthquake-damaged Concrete and Masonry-wall Buildings. Technical Resources. FEMA 307, mayo 1999.
3. Repair of Earthquake-damaged Concrete and Masonry-wall Buildings. FEMA 308, mayo 1999.
4. Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage. A Practical Guide. FEMA 74, septiembre 1994.
5. NEHRP Handbook for Seismic Rehabilitation of Existing Buildings. FEMA 172, junio 1992.
6. Nonstructural Issues of Seismic Design and Construction. EERI. Publication No. 84-04, junio 1984.
7. The Homebuilder's Guide for Earthquake Design. ATC, junio 1980.
8. Lessons Learned Over Time. Volumen II. EERI.

CAPÍTULO V REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS CON MALLAS DE ACERO Y MORTERO

V. Medidas Preventivas para Reducir o Mitigar los daños Causados por los Terremotos

TRASFONDO HISTÓRICO E IMPORTANCIA DE LA PREVENCIÓN ANTE UN TERREMOTO

Durante años hemos observado los efectos devastadores de los terremotos y maremotos donde se afectan tanto la vida como la propiedad propiciando daños incalculables. Afortunadamente en Puerto Rico desde el año 1918 hasta el presente hemos sido agraciados por nuestro Creador ya que no ha ocurrido un terremoto de magnitud considerable ni hemos experimentado un maremoto. Esto no quiere decir que estamos exentos de un terremoto y maremoto con magnitudes devastadoras.

Actualmente Puerto Rico está clasificado como zona 3 y para el municipio de Vieques está clasificado zona 4. Esto es una clasificación que nos coloca en nivel de riesgo a terremoto alto. Es por esto que debemos estar preparados para que de surgir un terremoto, el impacto del mismo sea mínimo, salvando así de manera preventiva la vida y seguridad de la población.

Debemos tomar en consideración y procurar ampliar nuestros conocimientos hacia métodos preventivos y medidas que permitan salvaguardar y minimizar el impacto de un sismo en Puerto Rico. Es de suma importancia conocer la vulnerabilidad sobre las áreas de alto riesgo, que debemos conocer, que debemos llevar a cabo antes, durante y después de un terremoto y que medidas pueden ser implementadas para reducir o mitigar los daños causados por estos fenómenos.

Le exhortamos a utilizar estas recomendaciones para que de forma general puedan implementar las mismas para reducir el riesgo y

salvar vidas de manera preventiva. Recordemos que una vez ocurra el evento, ya será muy tarde para poder prevenir daños mayores y reducir el riesgo de heridos y pérdidas de vida.

Nuestro bienestar de vida debe ser duradero sin que estos efectos naturales lleguen a modificar o cambiar nuestra vida. Es por esto que reduciendo el riesgo se reducirán los casos de emergencias y a su vez la recuperación sería en un menor tiempo.

Hemos preparado esta sección de forma tal que pueda ser de orientación sobre cómo se debe construir una estructura en términos generales considerando aquellos componentes básicos y varios factores importantes que debemos considerar e implementar sobre el comportamiento de las estructuras al momento de ocurrir el terremoto y maremoto.

Las estructuras deben ser construidas sobre suelos estables. Zapatas, pisos, paredes y techos deben estar contruidos de forma tal que su comportamiento pueda resistir las fuerzas generadas a causa del sismo o el maremoto y que la estructura aunque haya sido afectada parcial o total no colapse.

Las instrucciones, dibujos y detalles que aparecen a continuación han sido incluidos para efectos de facilitar el entendimiento relacionado a los conceptos básicos de comportamiento estructural los cuales a su vez conducen al entendimiento de cómo prevenir colapsos en las estructuras. Con las siguientes explicaciones se pretende concientizar la prevención ya que durante el evento del terremoto, no podremos aplicar de forma inmediata medidas preventivas que se presentan a continuación más adelante.

COMPORTAMIENTO GENERAL DE LAS ESTRUCTURAS DURANTE UN SISMO

En toda estructura sometida al impacto de las fuerzas de terremoto su geometría de techo y localización de paredes, tiene un papel muy importante en términos de respuesta estructural. Es tan importante que puede ser la diferencia entre si la estructura colapsa o no. Básicamente la geometría de las estructuras se pueden clasificar como estructuras de geometría simétrica o estructuras de geometría asimétrica. En la **Figura 1** se ilustra un ejemplo básico de una estructura con geometría simétrica y en la **Figura 2** se muestra una estructura donde su configuración de techo es asimétrica.

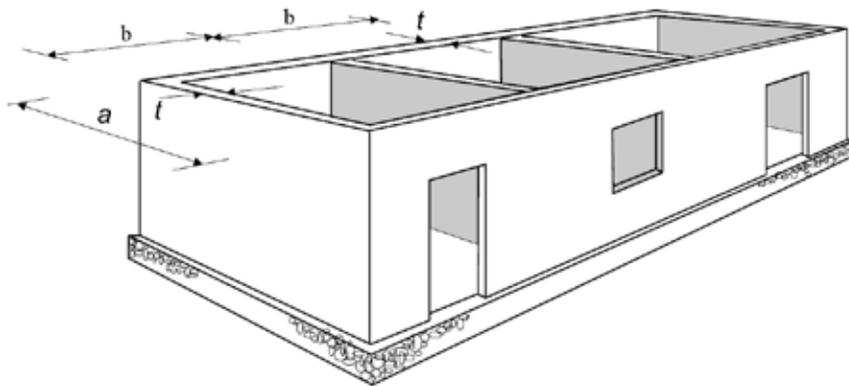


Figura 1. Estructura con geometría simétrica

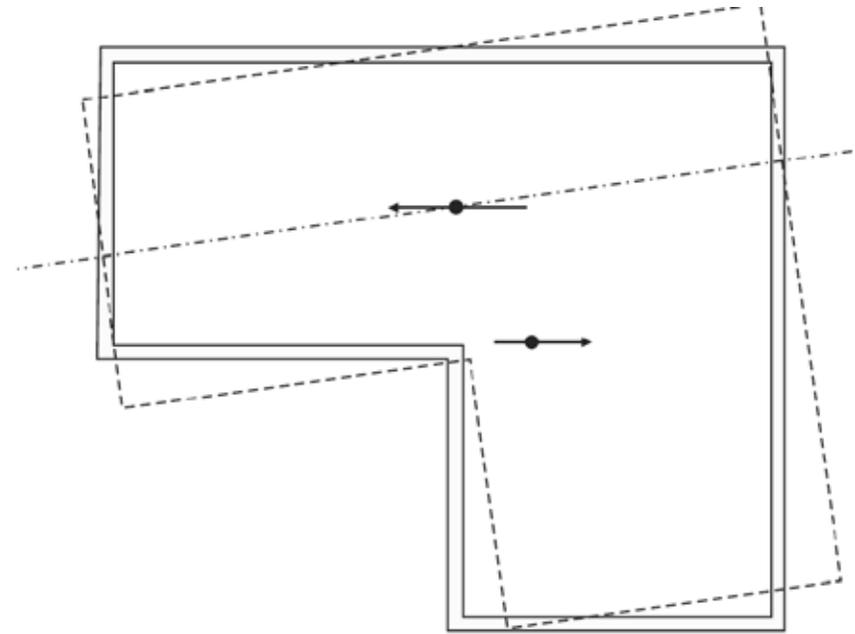


Figura 2. Estructura con geometría asimétrica

La localización de paredes con respecto a la geometría de techo, tiene una gran influencia con respecto a la respuesta de la estructura durante un sismo. Es por esto que pueden surgir casos donde techos simétricos se comporten como si fuesen asimétricos. Observemos que en la **Figura 2** la ilustración muestra la localización de paredes donde estas están ubicadas de forma igualmente simétricas. En este caso la distribución de las fuerzas del terremoto se distribuyen de manera equitativa pero si las paredes varían de localización y tamaño podría ocurrir un comportamiento asimétrico donde la distribución de las fuerzas de terremoto son distintas generando que estas reciban mas fuerza de impacto por el sismo que otras.

Para conocer el comportamiento básico de una estructura se utilizará como ejemplo una residencia típica de urbanización donde la

estructura tiene geometría simétrica en la cual actúa una fuerza de terremoto en una de dos direcciones de izquierda a derecha o de parte frontal hacia la parte posterior de la estructura (Ver Figura 3).

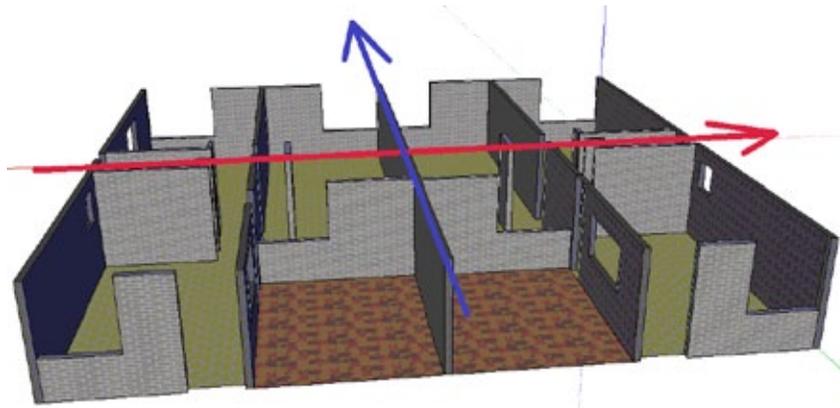


Figura 3. Estructura típica de urbanización con geometría simétrica

En la Figura 3 se ilustran dos flechas direccionales en las cuales una es color roja y la otra es azul. La flecha que señala en la dirección roja representa la acción de un terremoto en la dirección perpendicular a la dirección principal de la estructura.

En la ilustración se muestra como las paredes de carga responden a la fuerza total generada por el terremoto. Cuando el terremoto imparte sus ondas a través del suelo estas ondas interactúan con la estructura y dependiendo de la masa de la estructura será la fuerza con la que actúe el terremoto sobre la estructura. Si la capacidad resistente de la pared es excedida por la fuerza generada por el sismo entonces la pared falla y la estructura pierde su estabilidad causando el colapso de esta.

Observe que si el terremoto actúa en la dirección de la flecha azul las paredes podrían resistir el terremoto ya que la inercia de las paredes en esta dirección permite su máxima capacidad resistente y a que

estas paredes están construidas en hormigón armado con acero de refuerzo. Si el terremoto actúa en la dirección de la flecha roja es donde este tendrá su mayor impacto ya que la inercia de las paredes en esta dirección es mucho menor que en la dirección de la flecha azul y el ejemplo ilustra paredes de bloques.

Este caso en Puerto Rico es muy típico ya que se ha encontrado el que algunas estructuras de residencias en urbanizaciones cuentan con paredes estructurales en hormigón muy bien construidas en la dirección que va perpendicular a la calle principal y en la dirección paralela a la calle se han encontrado paredes de bloques de 6" en las cuales no se encontró el acero de refuerzo ni horizontal ni vertical favor ver Foto 1. A continuación se utilizará el término de losa estructural donde este término se refiere a la torta de hormigón de la estructura.



Foto 1: Pared encontrada sin acero de refuerzo. Residencia explorada en la Urbanización Toa Alta Heights, Toa Alta, Puerto Rico

En la actualidad existen formas remediadas para resolver este tipo de situación adversa en términos de sismo resistencia pero las mismas se explicaran mas adelante. Pero si en vez de utilizar bloques de 6" se utilizan bloques de 8" con sus correspondientes aceros de refuerzo horizontal, vertical, y se realiza un conexión efectiva entre losa de techo y losa de piso el comportamiento de la estructura es mucho mas seguro que una pared de bloques de 6". Actualmente se han encontrado estructuras de residencias en urbanizaciones donde no existe siquiera una conexión entre losa de techo y paredes (**ver Foto 2**).



Foto 2. Paredes de bloque sin anclajes de conexión para la losa de techo. Residencia explorada en la Urbanización Toa Alta Heights, Toa Alta, Puerto Rico

Aunque la situación de la carencia de una conexión entre losa de techo y paredes es un falta grave en términos de sismo resistencia, este tipo de situación se puede remediar pero lo ideal es que este tipo de situación se evite al momento de diseñar o construir pues para que haya una transferencia efectiva de la carga de terremoto tiene que existir una interconexión entre el diafragma de techo de la estructura y las paredes que se encargan de la estabilidad de la misma.

CONCEPTOS GENERALES DE ZAPATA, PISOS, PAREDES, Y TECHOS

Las Zapatas

Las zapatas o fundaciones podríamos definir las como porción o parte de la estructura que se encuentra bajo la superficie del terreno, que transmite las cargas directamente al terreno. Su función principal es distribuir las cargas incluyendo su propio peso sobre el terreno para prevenir o reducir los asentamientos en las estructuras. Los tipos de zapata comúnmente utilizados y construidos regularmente en hormigón con acero de refuerzo son los siguientes:

- Individuales
- Continuas
- "Mat-foundation"

Las zapatas individuales normalmente se construyen para soportar elementos estructurales en forma vertical tales como columnas, postes y otros. Las zapatas continuas son mayormente utilizadas en estructuras de residencias de un solo nivel en donde dichas zapatas se construyen para soportar paredes. Es importante que se construya la zapata basado en el tipo de suelo y estructura. Generalmente la parte inferior de la zapata debe estar a 3'-0" de la superficie del terreno pero es de suma importancia el que se realice un estudio de suelos para conocer las características específicas del suelo donde se construirá y solo así es que se puede tener certeza de la profundidad efectiva para la construcción de las fundaciones.

Las zapatas tipo "mat-foundation" son utilizadas mayormente cuando los suelos son de resistencias bajas. Por lo general requieren una cuantía de acero de refuerzo significativa pero tienen la ventaja de ser sumamente convenientes en términos del proceso de construcción y

en términos de estabilidad de la estructura. En todo tipo de zapata el acero de refuerzo debe tener una protección o cubierta del hormigón no menor de 3" según lo establece el código vigente, pero no podemos olvidar que esto también aplica a los tramos de paredes que conectan con la zapata y que de igual manera están expuestos al contacto con el suelo y la humedad.

Pisos en Hormigón

El piso en hormigón es un componente estructural el cual es construido sobre terreno compactado o elevado. Existen casos donde las propiedades del suelo permiten incorporar las zapatas y piso mediante un "mat-foundation" reduciendo los costos de construcción significativamente. Por lo general los pisos a construirse en hormigón requieren una resistencia no menor de 2,500 psi pero esta resistencia puede ser requerida de 3,000 psi o mayor dependiendo del análisis estructural que haya realizado el Especialista en estructuras. Las losas estructurales de piso soportadas sobre el suelo deben resistir los efectos de las cargas recomendadas por el código de diseño vigente según el propósito de uso para el piso, pero para el caso de una estructura residencial típica se utilizan 40 lb/ft² para el diseño de los pisos más todas las cargas de diseño adicionales.

Es importante indicar que esto requerirá de un análisis estructural basado en los resultados obtenidos por un estudio de suelos y siguiendo las recomendaciones del Especialista en suelos. Otro punto importante es que en el análisis se deben considerar además de las cargas vivas también las cargas de servicio, y los correspondientes factores de seguridad sin olvidar las combinaciones de cargas recomendadas por el código de diseño vigente para Puerto Rico. Las losas estructurales de piso deben contener un recubrimiento mínimo de 3" para evitar el deterioro de las barras de refuerzo utilizadas en la losa de piso. En muchos casos es recomendable utilizar bajo la losa de piso un polietileno de al menos 6-mil (0.006 pulgadas; 0.15 mm) entre el suelo y la losa estructural a ser fundida. Por lo general para

residencias los pisos deben tener barras de refuerzos #4 (1/2" de diámetro) en ambas direcciones con un espacio entre barras que será determinado según las cargas de diseño y mediante el uso de las recomendaciones del ACI.

Paredes en Hormigón

En términos de sismo resistencia las paredes tienen una función vital en la estabilidad de la estructura durante un terremoto. Para poder diseñar las paredes es necesario primero conocer las cargas de terremoto que operan en la estructura. Estas cargas de terremoto son determinadas mediante el uso del código de diseño vigente para Puerto Rico. Para poder determinar las cargas de terremoto que operan en las paredes será también necesario conocer la masa de la estructura y la localización de las paredes con relación al resto de la estructura. Una vez se determinan las cargas de terremoto para el análisis el Especialista en Estructuras determina mediante un análisis estructural las cargas que operan en cada pared estructural.

Por lo general para residencias es comúnmente utilizado paredes de seis (6) pulgadas de espesor como paredes de carga estructural. Dichas paredes deben ser ancladas correctamente en las fundaciones que las soportan y de igual manera ancladas al techo que soportan. De no estar adecuadamente ancladas estas no serán capaces de absorber las cargas correctamente y por ende el resto de la estructura tendría que repartirse los excedentes de cargas por lo que cambiaría el comportamiento de la estructura. Típicamente el hormigón recomendado para paredes estructurales de residencias debe ser de 3,000 psi o 4,000 psi. Las barras de refuerzo por lo general se recomiendan #4 y las distancias entre estas deben ser determinadas según establece el código de diseño. Por lo general en los extremos de las paredes de carga será necesario incluir refuerzos adicionales de acuerdo a los resultados según sea necesario de acuerdo al análisis estructural.

Como antes mencionado en Puerto Rico se han encontrado residencias de urbanizaciones construidas donde las paredes que son perpendiculares a las calles principales son paredes estructurales de hormigón armado, pero hay una tendencia de que las paredes que son paralelas a la calle principal de estas estén construidas en bloques de seis pulgadas (6") y hasta cinco (5") pulgadas.

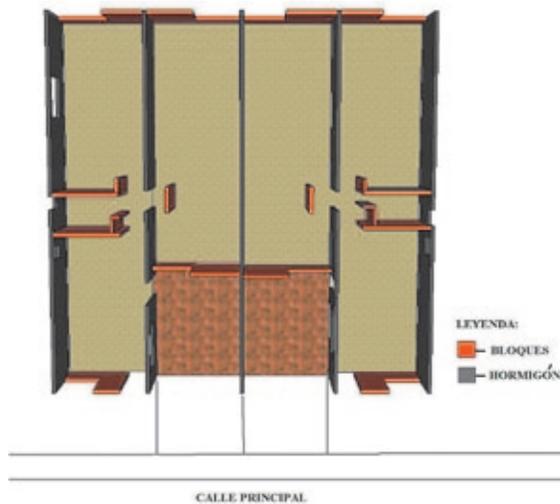


Figura 4. Estructura vulnerable a colapso durante un sismo

Esto es una práctica que pone en riesgo la estabilidad de las estructuras ya que las paredes de bloques deben tener una capacidad resistente suficiente para absorber los efectos del sismo en la dirección paralela a la calle de este tipo de residencia y las paredes de bloques de seis pulgadas (6") o menos no se deben utilizar para resistir efectos de terremoto.

Observe la **Figura 3**, en la dirección de la flecha roja es que el terremoto tendría su mayor efecto ya que los bloques de 6" o 5" que actualmente tienen muchas residencias de urbanizaciones podrían no ser suficiente

para resistir la fuerza de cortante provocada por el terremoto. A esto se une el agravante de que en paredes de bloques de algunas residencias de urbanizaciones exploradas no se encontró acero de refuerzo horizontal ni vertical.

Con el propósito de explicar la importancia del acero de refuerzo en las paredes de bloques se incluye un experimento de simulación de sismo realizado en una residencia de urbanización donde las paredes de bloques no tenían acero de refuerzo ni horizontal ni vertical (**ver Foto 3**). Esto es una grave deficiencia de construcción pues durante un terremoto la pared se parte convirtiéndose en una amenaza a la vida y seguridad de las personas dentro de las residencias. Resulta que una pared sin refuerzos horizontales ni verticales puede caer sobre una o varias personas durante un terremoto ya que no tiene acero de refuerzo que controlen la falla de la misma ante un terremoto. Como parte de este estudio se realizó una simulación de un terremoto con una de las paredes de la residencia.

Dicha pared fue sometida a una carga de terremoto simulada a base de la aplicación de una fuerza de impacto mediante la utilización de un gato de construcción en combinación de momentos transversales aplicados a manera de impacto con un marrón de 20 libras en la rosca de ajuste del mismo. Luego de las aplicaciones de cargas de terremoto simuladas ocurrió el desplome de la pared de manera abrupta lo cual en un terremoto definitivamente comprueba el alto riesgo antes mencionado mediante la experimentación directa.



Foto 3. Pared desplomada, simulación experimental de terremoto

Es por esto que se recomienda el que todas las paredes de bloques tengan su debido acero de refuerzo según establece el código vigente y que donde existan estructuras con este mismo patrón de deficiencia se realice una actualización de la misma según los códigos de construcción actuales.

Techos en Hormigón

En términos estructurales los techos en hormigón además de su función de protección contra las inclemencias del tiempo tienen una función particular en términos de terremoto, ya que estos operan como diafragmas de transmisión de cargas laterales a las distintas paredes de la estructura. Se recomienda que los techos no tengan espesores de menos de 5" pulgadas, los cambios en temperatura

y los efectos del deterioro con los años le restan vida útil a las losas estructurales de techo. Para el diseño de las losa de techo será de mucha importancia establecer las cargas de diseño según el código de diseño vigente para Puerto Rico pero también no se debe olvidar realizar las correspondientes combinaciones de cargas al momento del diseño de las mismas.

Debido a que las losas de techo tienen una función especial de transmitir tanto cargas gravitacionales como laterales, se deberá considerar el efecto de sismo en dirección gravitacional a los tramos de losas de techo. Cuando se instalan cisternas es importante reforzar las mismas y evaluar el efecto adicional de carga súper puesta para determinar si es adecuado o nos instalar cisternas sobre el techo. Lo mismo ocurre cuando se instalan unidades de aire acondicionado que tienen cargas excesivas sobre las mismas. En cuanto a las barras de refuerzo se deben tomar dos aspectos del diseño que son fundamentales, el primero es el diseño del acero de refuerzo principal y el segundo el diseño del acero de refuerzo de temperatura y encogimiento del hormigón.

Conceptos Generales del Diseño y Construcción Típica de una Residencia Sismo Resistente en Hormigón

Para comenzar será esencial conocer las características y propiedades del suelo donde se construirá, es por esto que es necesario realizar un estudio de suelos. Una residencia es una inversión en la cual se desea el que perdure por largos años así que esto es razón suficiente para justificar el costo del estudio de suelos a realizar. El estudio de suelos es costo efectivo en la construcción pues puede darse el caso de que las fundaciones no tengan que ser voluminosas o por el contrario evitan costosas reparaciones y futuras demandas. Una vez se obtienen los resultados del estudio de suelos el especialista en estructuras utiliza las recomendaciones y datos presentados en el informe de suelos. Es en este punto donde se evalúa que tipo de zapata es la mas conveniente para la residencia a construir.

Por lo general las residencias requieren el uso de zapatas continuas para soportar paredes y en algunos casos se podría combinar la zapata con la aportación a resistencia del piso de la estructura mediante la combinación con una fundación tipo “mat-foundation”. Para poder saber que zapata se construirá además del estudio de suelos es necesario el que se realice un análisis de terremoto para la residencia a ser construida. Con el análisis de terremoto se conseguirán inicialmente dos datos muy importantes, el centro de masa y el centro de rigidez de la estructura. Estos datos permitirán encontrar de manera analítica las correspondientes fuerzas cortantes que operan en cada pared de la residencia.

Otro dato vital para el análisis de terremoto es la masa total de la residencia ya que con este dato y mediante el uso del código de diseño vigente se podrá estimar la fuerza sísmica a la cual la estructura reaccionará durante un terremoto. Si la residencia está localizada cerca del mar se deberá también realizar un análisis de impacto por maremoto, pero este análisis solo será necesario en lugares costeros donde la zona de maremoto esté demarcada o donde la posibilidad de este sea de más de un 50%. También se deben determinar las cargas gravitacionales que actúan en la residencia.

Para determinar las cargas gravitacionales que actúan sobre las paredes se deben realizar las combinaciones de cargas recomendadas por los códigos de diseño vigentes para Puerto Rico incluyendo los correspondientes factores de seguridad. Para establecer las cargas vivas de diseño que operan en la estructura se deben utilizar aquellas cargas recomendadas por el código de diseño.

Luego del análisis de terremoto el cual se desarrolla mediante un minucioso análisis matemático y luego de establecer las cargas gravitacionales que actúan en las paredes de la estructura se recomienda diseñar las mismas utilizando las cargas de cortante más críticas obtenidas del análisis de terremoto y su correspondiente carga gravitacional. Mediante un análisis estructural se obtienen las reacciones en la base de las paredes y también los esfuerzos internos en estas.

Una vez son conocidas las reacciones en la base de las paredes entonces se procede con el diseño de zapatas de las mismas, para esto será necesario realizar un análisis estructural considerando un tipo de zapata propuesto mediante la incorporación de las propiedades del suelo y las reacciones en la base de las paredes. Con los resultados obtenidos del análisis estructural de las zapatas entonces se determina la cantidad de acero de refuerzo a utilizar pero sin exceder los paramenteros establecidos por los códigos vigentes para Puerto Rico.

Una vez diseñadas las zapatas de la residencia será muy importante preservar la consistencia y realidad del análisis idealizado con el sistema de zapata a construir. Otro aspecto que toma suma importancia es realizar los anclajes adecuados entre pared y zapata según establecen los códigos de diseño. Existen casos donde será necesario la implementación de algunas columnas, es por esto que será útil conocer que también además de las zapatas continuas para el caso de paredes, puede que se requiera el uso de zapatas aisladas. Es por esto que en las columnas será conveniente implementar las zapatas aisladas aunque existen casos donde los suelos son sumamente débiles y estas se pueden construir sobre el “Mat-Foundation” del piso utilizando los debidos anclajes de conexión y posiblemente un engrosamiento de la losa de piso capaz de absorber los efectos de las fuerzas y reacciones generadas por las columnas en la base de estas. Finalmente, será conveniente colocar sobre la base del suelo a la profundidad a la cual se construirán las zapatas con un tipo de material de suelo estable y correctamente compactado por capas de por lo menos 4” entre capa y capa con una compactación de suelo de 98%. Para esto será necesario el que el especialista en suelos realice unas pruebas de compactación del suelo antes de la fabricación de la zapata y será entonces donde este corrobore el que se siguieron sus correspondientes recomendaciones con respecto a las propiedades del suelo original en relación a sus recomendaciones y tratamientos previos a la fabricación de estas zapatas.

Luego del diseño de zapatas continuas y zapatas aisladas el especialista en estructuras procede a diseñar el piso estructural de la residencia. Para esto necesitará utilizar las recomendaciones del código de diseño donde se establecen las diferentes cargas que operan en el análisis estructural de la losa de piso. Como antes mencionado hay casos donde será conveniente utilizar el mismo piso como un "Mat-Foundation" pero esto está a discreción del especialista en estructuras y las correspondientes recomendaciones del especialista en suelos. Por lo general en los pisos de residencias el acero de refuerzo debe estar colocado al centro del espesor de losa de piso y con un espesor típico de 6" esto es debido a que el código establece como norma el que todas barras de refuerzo deben tener una protección de al menos 3".

En casos donde las condiciones del análisis estructural y el suelo lo permitan se puede reducir el espesor de losa de piso pero será necesario proteger el acero de refuerzo con una capa de material polímero entre el suelo base y el hormigón de piso para así evitar la llegada de humedad a las barras de refuerzo del piso de la residencia de manera tal que proteja las mismas de un futuro deterioro por corrosión de estas. Para las áreas donde las losas de piso entran en contacto con paredes y columnas será necesario proveer los anclajes adecuados para así maximizar el buen comportamiento de la estructura durante un fenómeno natural de terremoto.

Una vez realizado el diseño de zapatas y piso de la estructura será necesario el que se realice el diseño de paredes estructurales para la residencia. Como en esta etapa del diseño de la estructura ya son conocidas las fuerzas que operan en cada pared, el especialista en estructuras realiza un análisis estructural para encontrar los esfuerzos internos máximos y la dirección en que estos actúan y así determinar si el grosor de hormigón es adecuado y establecer la cuantía del acero de refuerzo horizontal y vertical a ser colocado en dicha pared estructural. Por lo general típicamente el grosor recomendado es de 6" y la resistencia del hormigón debe ser mayor o igual a 3,000 psi. En los casos que exista la necesidad de utilizar bloques para divisiones en la estructura estos deberán tener su correspondiente acero de refuerzo horizontal y vertical, pero se recomienda el que para propósitos de resistencia a terremoto se utilicen paredes de hormigón armado y el que las paredes de bloques sean más bien utilizadas para realizar divisiones dentro de la residencia.