

## **ANEXO A: SOLUCIONES TÉCNICAS**

### **SOLUCIÓN TÉCNICA PARA FISURAS Y GRIETAS EN VIVIENDAS**

#### **1 INTRODUCCIÓN**

Todas las construcciones requieren mantenimiento continuo para que funcionen adecuadamente. Además, a fin de que las viviendas tengan un buen desempeño ante un evento sísmico es necesario reparar sus elementos estructurales deteriorados para que estos recuperen su capacidad resistente. En este capítulo se explican procedimientos de fácil aplicación para que los pobladores de las viviendas informales puedan aplicarlas para la reparación y mantenimiento de sus viviendas; sin embargo, se recomienda que toda obra esté a cargo de un profesional de la ingeniería.

#### **2 REPARACIÓN DE VIVIENDAS**

La reparación de viviendas son las obras que se realizan para que la estructura recupere su capacidad resistente y su estética. La reparación de viviendas puede ser de dos tipos: reparación estructural y no estructural. La reparación estructural consiste en restaurar la capacidad de carga o capacidad resistente original de los elementos dañados por un evento sísmico u otro fenómeno. En cambio, la reparación no estructural (también llamada reparación cosmética) consiste en mejorar la apariencia visual de los daños que puedan tener las viviendas.

##### ***2.1 Muros agrietados***

En las viviendas analizadas se ha observado que muchos de los muros de las viviendas presentan grietas. La mayoría de las grietas solo tienen efectos cosméticos; es decir, grietas que no influyen en el comportamiento sísmico de los muros por ser pequeñas y localizadas. En general, se puede distinguir dos tipos de grietas: estructurales y no estructurales.

Las grietas estructurales (Fig. 01) son causadas por las malas configuraciones estructurales o por los malos diseños de alguno de los elementos de las viviendas. Estas grietas se presentan cuando existen asentamientos diferenciales en la cimentación o por

la utilización de un concreto de baja resistencia o el uso deficiente de acero de refuerzo en los elementos de confinamiento (vigas, columnas).

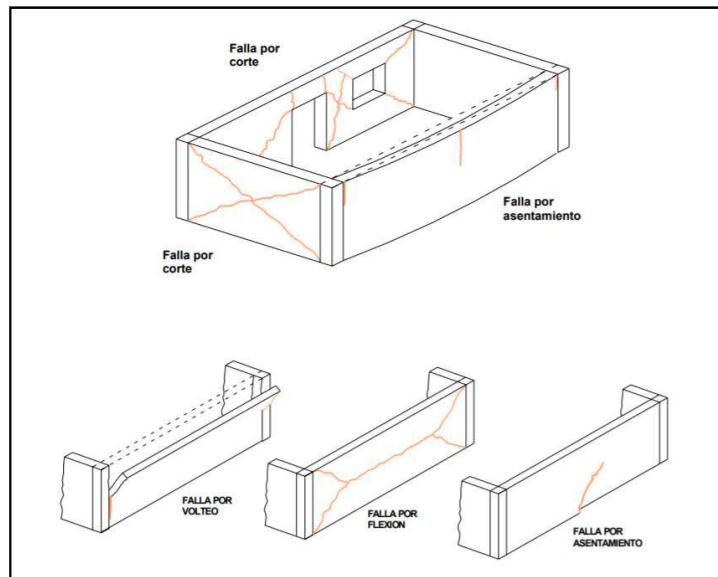


Fig. 01 Grietas estructurales (Iglesias y Robles 1988)

Las grietas no estructurales (Fig. 02) son causadas por desplazamientos térmicos, contracciones hidráulicas del concreto, material inadecuado en enlucidos o deterioro de los ladrillos.

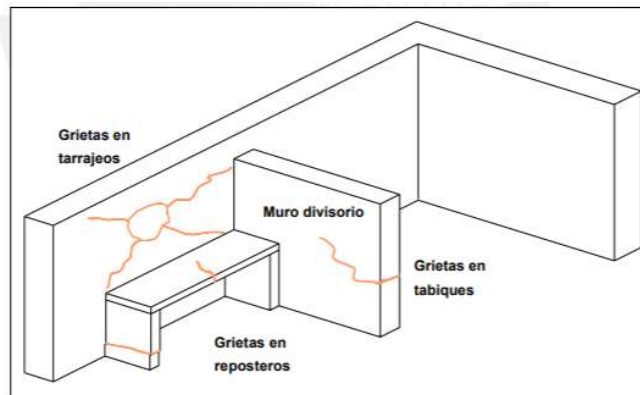


Fig. 02 Grietas no estructurales (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica 2002)

Para reparar las grietas en muros primero se debe reconocer si la grieta es estructural o no estructural. Además, hay que analizar cuál fue la causa que produjo la grieta y así buscar una solución efectiva al problema. Una vez reconocido el tipo de grieta se procede a medir el espesor con la ayuda de un grietómetro (Fig. 03). Hay que notar si es que con el transcurso del tiempo la grieta ha aumentado de tamaño o de espesor.

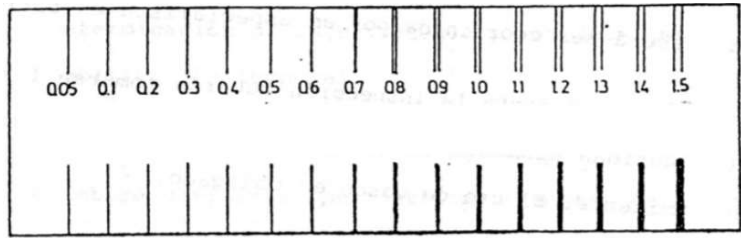


Fig. 03 Grietómetro.

Si la grieta fuese no estructural se debe resanar el elemento dañado con mortero 1:5 (cemento : arena), o se puede masillar para luego darle un acabado final con pintura.



Grieta en tarrajeo



Grieta en unión tabique muro

Fig. 04 Grietas no estructurales

En el caso de grietas estructurales hay que medir el espesor de las grietas. Si la grieta hubiese sido causada por una falla por corte y tuviera un ancho menor a 0,5 mm (Fig. 06), la grieta se debe reparar efectuando los siguientes trabajos:



Fig. 05 Grieta de falla por corte



Fig. 06 Espesor de la grieta

- Con un taladro y una broca de 1/32" se deben realizar perforaciones con profundidad de medio ancho de ladrillo. Las perforaciones estarán distanciadas aproximadamente cada 40 cm a lo largo de la grieta.



Fig. 07 Herramientas utilizadas en las perforaciones



Fig. 08 Perforaciones con el taladro

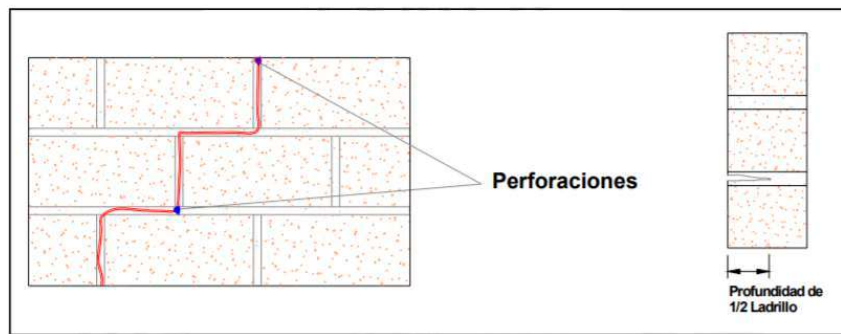


Fig. 09 Ubicación y profundidad de las perforaciones

- Luego, se debe lavar la grieta por medio de un chorro de agua a presión. Esto servirá para eliminar los residuos de las perforaciones y a la vez para mejorar la unión entre el concreto antiguo con la lechada de cemento.

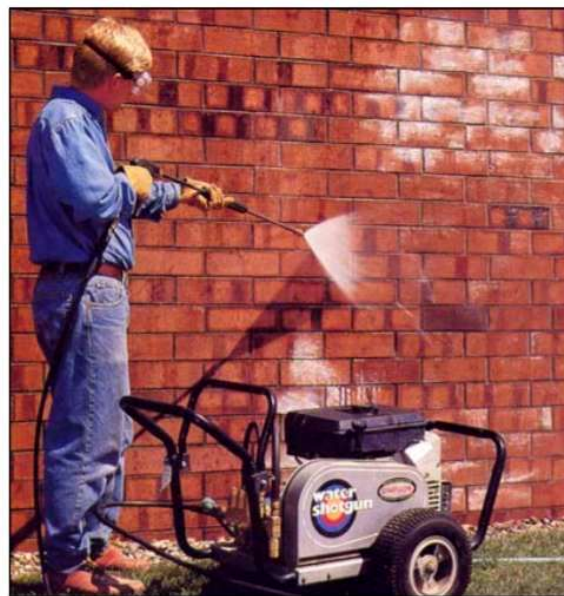


Fig. 10 Lavado de grietas (Black & Decker 2000).

- Dejar 15 minutos para que el agua de las grietas discurra, y luego sellar superficialmente las grietas con cinta adhesiva o yeso dejando los espacios libres en donde se realizaron las perforaciones.

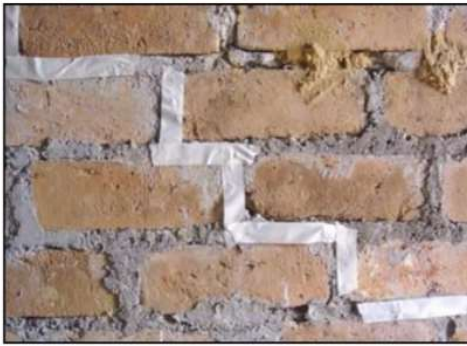


Fig. 11 Sellado de las grietas

- Introducir lechada de cemento a presión empezando por la perforación más baja y avanzando hacia arriba. Se recomienda usar un sistema de bombeo adecuado (con una presión de 10 a 30 psi) y un sistema de monitoreo de presión. Pero si estos dispositivos no hubieran en la zona, se puede utilizar una botella plástica (por ejemplo de gaseosa) con una boquilla fina (por ejemplo tapa con un pequeño orificio) a manera de jeringa. La lechada se vacía en la botella y se aplica con la mayor presión posible en forma manual.



Fig. 12 Inyección de grietas con lechada de cemento

- Si la grieta fuese causada por una falla por corte y tuviera un ancho entre 0,5 a 1,5 mm se puede reparar utilizando el método anterior pero usando un mortero 1:4 (cemento: arena) y adicionando algún plastificante que provea fluidez al mortero o una lechada de mortero.

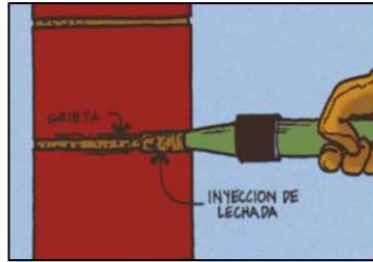


Fig. 13 Inyección de grietas con lechada de mortero (AIS 2002)

- Si la grieta fuese causada por una falla por corte y tuviera un ancho mayor a 1,5 mm (Fig. 14), se puede reparar efectuando los siguientes trabajos:



Fig. 14 Grieta de espesor mayor 1.5 mm. (Flores 2002)

- Remover la junta del mortero deteriorado hasta una profundidad de un tercio del espesor del ladrillo. Eliminar el material suelto y cualquier residuo; además, se debe evitar golpear los ladrillos contiguos al mortero deteriorado.



Fig. 15 Picado de la junta  
(Life books 1995)

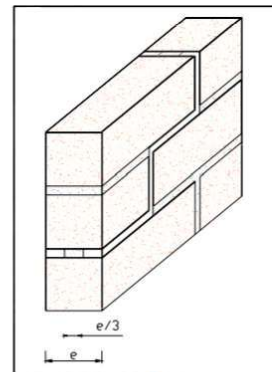


Fig. 16 Profundidad de la junta removida

- Lavar la junta removida con un chorro de agua a presión y luego dejar escurrir el agua por 15 minutos.
- Rellenar nuevamente la junta con mortero 1:5 (cemento: arena) aplicándolo a presión e intentando que se llene la junta en su totalidad.

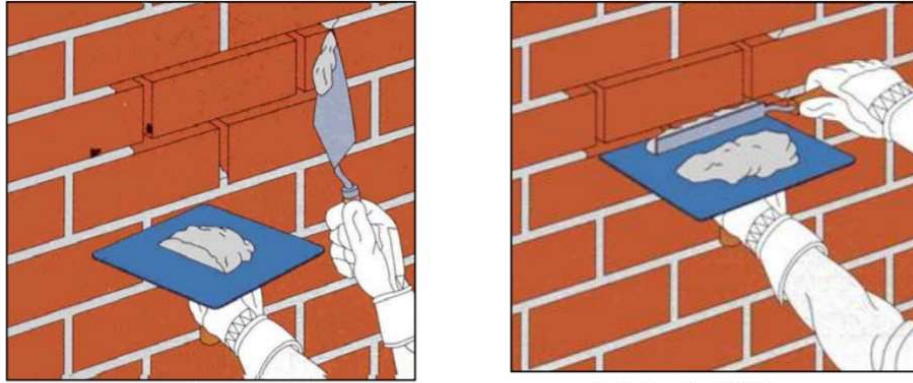


Fig. 17 Colocación de nuevo mortero (Life books 1995)

En caso de que las grietas hayan deteriorado los ladrillos colindantes es preferible reemplazarlos, para ello se realizarán los siguientes trabajos:

- Extraer los ladrillos quebrados o rotos. Retirar el mortero de pega y limpiar bien la zona afectada.



Fig. 18 Extracción de ladrillo (Black & Decker 2000)

- Humedecer la zona picada y colocar mortero 1:5 (cemento : arena) en todos los bordes que unirán el nuevo ladrillo.

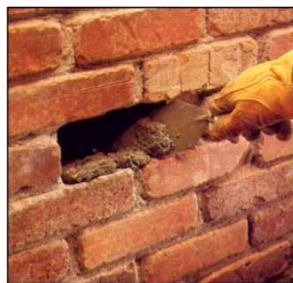


Fig. 19 Colocación de nuevo mortero (Black & Decker 2000)

- Colocar un nuevo ladrillo de las mismas dimensiones que el anterior. El ladrillo debe ser colocado a presión.



Fig. 20 Colocación de nuevo ladrillo (Black & Decker 2000)

Si hubiera más de un ladrillo deteriorado en el muro, se debe comenzar reemplazando los ladrillos ubicados en la parte inferior.

## 2.2 Grietas en elementos de confinamiento

En caso de que los elementos de confinamiento (vigas y columnas) presenten grietas, se debe verificar que estas grietas sean estables; es decir, que no hayan aumentado ni su espesor ni su longitud durante varios meses.

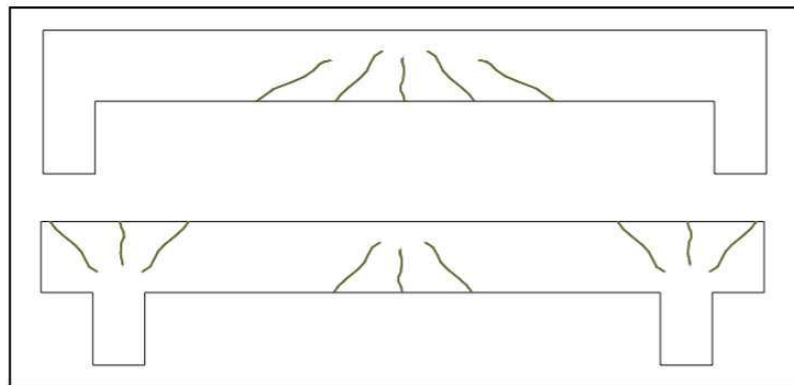


Fig. 21 Grietas estructurales en vigas (Do Lago 1997)

Para reparar grietas estables de espesor menor a 0,5 mm en elementos de confinamiento se debe utilizar resina epóxica. La resina epóxica es una mezcla de dos componentes: la resina (A) y el endurecedor (B), en una relación 1,8:1. Dichos componentes deben ser mezclados por tres minutos como mínimo hasta alcanzar una mezcla homogénea. La mezcla alcanzará su endurecimiento a los 20 minutos después de mezclado.

Los pasos a seguir para reparar grietas de espesor menor a 0,5 mm son los siguientes:

- Limpiar la grieta usando aire comprimido. No se debe usar chorros de agua pues la resina debe ser aplicada sobre la superficie limpia y seca.



- Inyectar la resina epóxica a presión empezando de abajo y avanzando hacia arriba. Se recomienda usar un sistema de bombeo adecuado (con una presión de 10 a 30 psi) y un sistema de monitoreo de presión. Es posible también inyectar la resina utilizando pistolas de inyección.

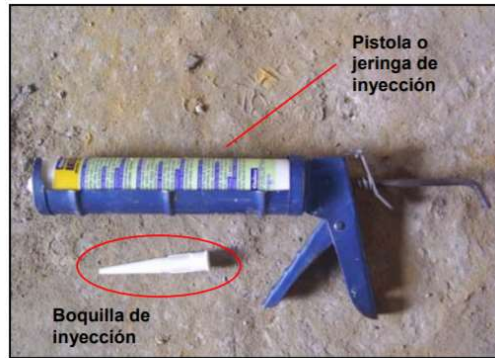


Fig. 22 Herramientas utilizadas en la inyección de grietas con resina epóxica



Fig. 23 Inyección de grietas con resina epóxica

Si la grieta fuese de un ancho mayor 0,5 mm, se puede reparar utilizando el método anterior pero usando un mortero epóxico especial. El mortero epóxico es una mezcla de dos componentes: la resina epóxica y agregado fino bien graduado. Algunas empresas tienen a la venta este mortero especial ya preparado.

La aplicación de este mortero se realiza por gravedad, para lo cual se construye dispositivos alimentadores con cemento o yeso. Se vierte la resina de un lado del elemento y se espera que atraviese todo el elemento.

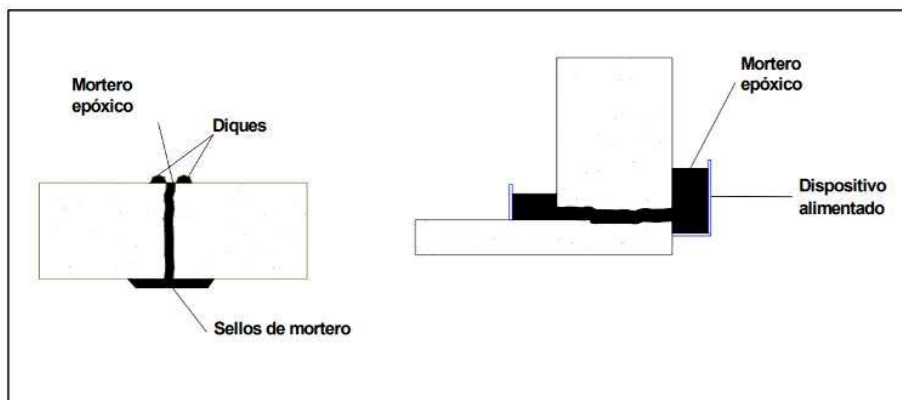


Fig. 24 Inyección de grietas por gravedad

### 2.3 Corrosión del refuerzo de acero

Generalmente en las viviendas autoconstruidas no se tiene especial cuidado en el recubrimiento del acero de refuerzo. Claro ejemplo son los aceros de losas aligeradas y columnas que se encuentran corroídos (Fig. 25, 26) debido a la exposición de los aceros al medio ambiente.



Fig. 25 Acero corroído de aligerado  
(Flores 2002)



Fig. 26 Acero corroído de columna  
(Flores 2002)

Las causas de la corrosión se deben principalmente a la falta de recubrimiento del acero de refuerzo y a las cangrejeras. Las cangrejeras se producen debido a un mal encofrado o al mal vibrado en los elementos de concreto armado.



Fig. 27 Cangrejera



Fig. 28 Acero de refuerzo corroído

La corrosión también es causada por la acción de agentes agresivos (sulfatos y cloruros) incorporados involuntariamente al concreto ya sea en el agua o en los agregados. Se puede reconocer este tipo de corrosión por las manchas rojo-marrones o verdosas en la superficie del concreto.

Para la reparación de vigas o columnas levemente dañadas por corrosión por intemperismo y sin daños importantes en el acero o en el concreto, se pueden realizar los siguientes trabajos:

- Picar cuidadosamente la superficie de concreto afectada para eliminar el concreto deteriorado. Dejar una superficie rugosa y sana.

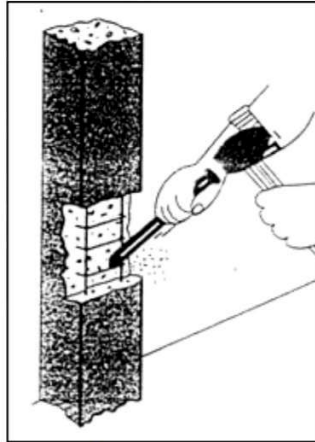


Fig. 29 Picado de la zona afectada (Do Lago 1997)

- Limpiar bien la superficie del refuerzo removiendo el óxido con un cepillo de cerdas de acero.
- Lijar levemente la superficie del acero eliminando los residuos. Tratar de no reducir la sección ni rugosidad del acero.

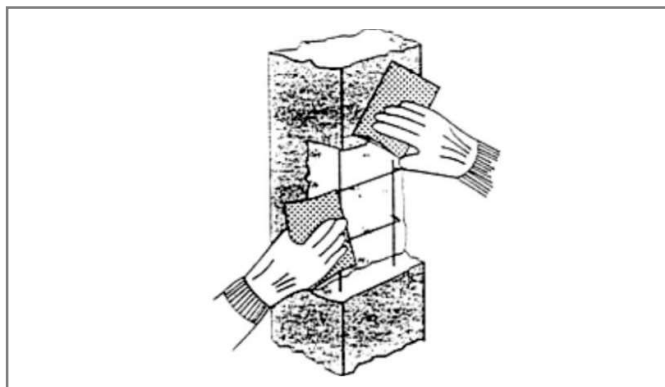


Fig. 30 Lijado de la superficie del acero (Do Lago 1997)

- Echar lechada de cemento en la superficie del concreto antiguo para mejorar el pegado del concreto nuevo.

- Encofrar la zona afectada y vaciar concreto con proporción 1:2:3 (cemento : arena : piedra chancada). La piedra debe tener tamaño máximo  $\frac{1}{2}$ ". Este proceso permitirá restituir la sección original de concreto.
- Curar el concreto vaciado por lo menos tres veces al día durante siete días.

Para el caso de estructuras dañadas por incorporación de cloruros o sulfatos al concreto, la sección de concreto debe ser reparada realizando los siguientes trabajos:

Eliminar cuidadosamente el concreto afectado dejando superficie rugosa y sana.

- Limpiar bien las superficies de acero removiendo el óxido con un cepillo de acero.
- Lijar levemente la superficie del acero eliminando los residuos. Cuidar de no reducir la sección ni rugosidad del acero.
- Reconstruir la sección original del acero deteriorado usando soldadura para acero tipo filete (Fig. 31 Fig. 32). Si solo se suelda un lado del acero, la longitud de soldadura (L) debe ser mayor a 5 veces el diámetro del acero ( $\phi$ ). Si se suelda dos lados del acero, la longitud de soldadura (L) será 3 veces el diámetro del acero ( $\phi$ ).

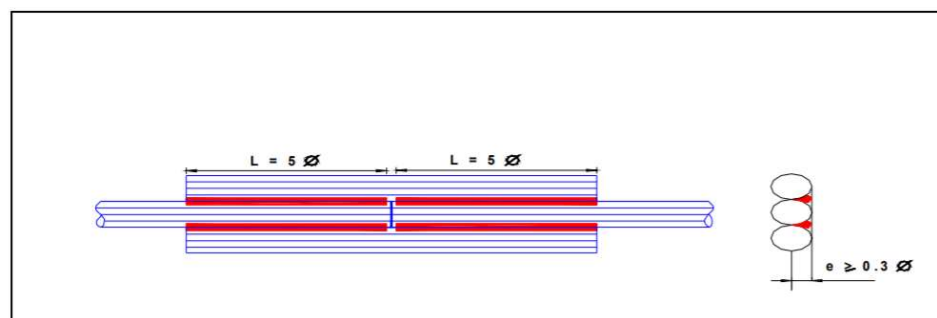


Fig. 31 Refuerzo del acero con soldadura filete de un lado (Do Lago 1997)

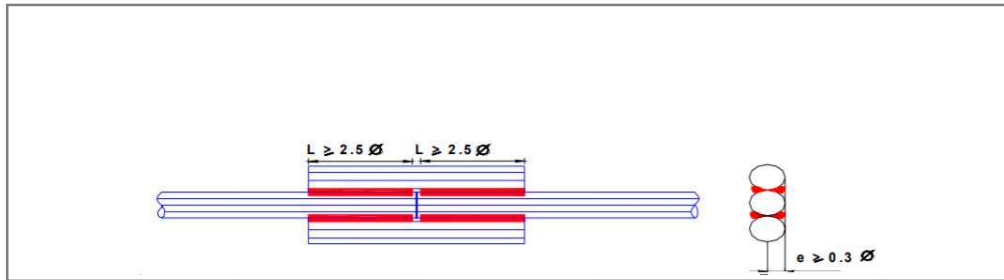


Fig. 32 Refuerzo del acero con soldadura tipo filete por ambos lados (Do Lago 1997)

Si hay indicios de presencia de agentes agresivos como cloruros incorporados en el concreto antiguo, se debe proteger el acero con pintura rica en Zinc (Primer rico en Zinc).

- Colocar resina epóxica entre el concreto contaminado y el mortero de reparación, esto ayudará a tener una barrera y evitará que el mortero de reparación se contamine nuevamente (Fig. 33).
- Encofrar la zona afectada y vaciar concreto con proporción 1:2:3 (cemento : arena : piedra), la piedra debe tener tamaño máximo 1/2". Este proceso permitirá restituir la sección original de concreto.
- Curar el concreto vaciado por lo menos tres veces al día durante siete días.

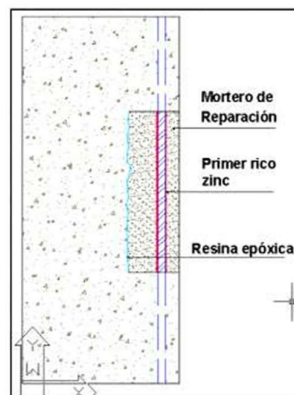


Fig. 33 Sección reparada (Do Lago 1997)

Cuando los efectos de la corrosión son severos, es decir existen daños importantes en el concreto o en el acero, es preferible realizar un estudio detallado de las causas de la corrosión para dar soluciones puntuales a un determinado problema.

## 2.4 Daños por eflorescencia

Las viviendas informales son más propensas a sufrir problemas de eflorescencia (Fig. 22) en sus muros debido a la calidad de los ladrillos artesanales.

La eflorescencia es un depósito cristalino (salitre), usualmente de color blanco, que se desarrolla en la mampostería o en la superficie del concreto.



Fig. 34 Eflorescencia en muro

La eflorescencia es causada por el transporte de sales solubles que se encuentran en los materiales de construcción o en el agua en contacto con la estructura.

Las sales son llevadas desde el interior de los elementos hacia la superficie, allí el agua se evapora y deja solo a las sales formando manchas (eflorescencia). Antes de dar una solución al problema de eflorescencia hay que determinar las fuentes de sales y humedad que provocan la eflorescencia. Para reparar una superficie dañada por el ataque de sales se deben realizar los siguientes trabajos:

- Lavar la zona afectada con agua y con la ayuda de un cepillo de cerdas suaves.



Fig. 35 Lavado de la zona afectada (Black & Decker 2000)

- Si la eflorescencia está en la albañilería, aplicar con una brocha una solución limpiadora de proporción 1:10 (ácido muriático: agua) y dejar actuar por 15 minutos. Si la eflorescencia está en los elementos de confinamiento, entonces la solución limpiadora será 1:20 y dejar actuar por 10 minutos. Nunca utilizar proporciones mayores a las indicadas porque el ácido es corrosivo.



Fig. 36 Aplicación de solución limpiadora (Black & Decker 2000)

- Enjuagar la superficie afectada con abundante agua libre de sales.



Fig. 37 Enjuague de la superficie con agua (Black & Decker 2000)

Luego de realizar todos estos pasos, se debe evitar el ingreso de humedad a la zona afectada. Si no se logra detener la humedad, entonces la eflorescencia aparecerá nuevamente.

### ***2.5 Humedad en muros***

La presencia de humedad en los muros puede ser causada por fugas de agua que se dan en las tuberías, ya sea por el deterioro o por un empalme inadecuado en las tuberías.

Otra de las causas de la humedad en muros es debido al elevado nivel de aguas subterráneas que llegan a la estructura por capilaridad.



Fig. 38 Humedad en muro de baño

Si la humedad ocurre en zonas de grifería o donde se sabe que hay tuberías, se deben realizar los siguientes trabajos:

- Picar la superficie húmeda hasta ubicar la tubería.



Fig. 39 Picado de muro

- Ubicar la fuga en la tubería. La fuga puede estar en una zona de fractura o en las uniones de la tubería.



Fig. 40 Fuga de agua en tubería rota



Fig. 41 Fuga de agua en la unión de tuberías

- Cerrar la llave de paso evitando el flujo de agua en la tubería.



- Retirar y cambiar el elemento o tramo de tubería dañada.



Fig. 42 Unión de conexiones. (Nisnovich 1998)

El pegamento de unión para las tuberías debe dejarse secar por una hora y luego abrir la llave de paso del agua para verificar que ya no haya fugas.

La superficie picada en el muro debe quedar libre por un día y así verificar que no haya más fugas. Luego hay que reconstruir la parte picada del muro con mortero 1:5 (cemento: arena).

### 3. REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS

El reforzamiento en viviendas es la obra que se realiza para que la estructura mejore su capacidad resistente y carga. El reforzamiento forma parte de los trabajos de prevención; es decir, permite disminuir la vulnerabilidad de las viviendas.

#### 3.1 Costura de grietas

En muchos casos no solamente se debe reparar las grietas de los muros sino que es preferible reforzarlas, para lo cual se debe aplicar la técnica de costura de grietas a través del siguiente procedimiento:

- Realizar una ranura usando un taladro. La ranura debe interceptar la grieta con un ángulo entre 45 a 90 grados y debe tener una longitud de un metro. Se debe realizar esta costura de grietas cada un metro a lo largo de la grieta.

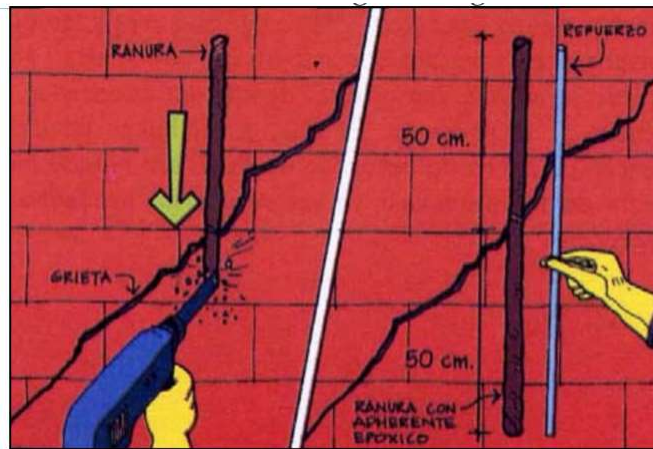


Fig. 43 Ranurado del muro

- Limpiar las ranuras con aire comprimido y cepillo.
- Aplicar abundante resina epóxica en la ranura.
- Colocar una varilla de ½" y de longitud 1 m en la ranura.
- Sellar la ranura con epóxico de tal manera que el acero quede fijo y adherido totalmente al muro.

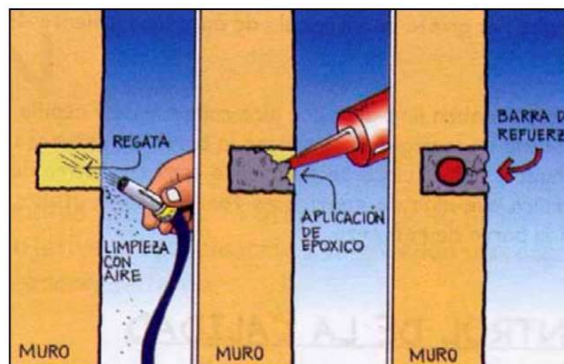


Fig. 44 Reforzamiento del muro (AIS 2002)

Luego de colocar el acero de refuerzo en la ranura no hay que mover el acero, caso contrario se estaría perdiendo adherencia con el epóxico.

### 3.2 Reforzamiento con malla electrosoldada

Como se comentó anteriormente, los muros pueden ser reforzados tengan o no daños. Ángel San Bartolomé y Arturo Castro Morán han experimentado una metodología de reforzamiento de muros afectados por sismos y han logrado un incremento de hasta un 40% en la capacidad de carga lateral de los muros.

Para reforzar los muros se usa malla electrosoldada compuesta por varillas de acero corrugado de 4,5 mm de diámetro, espaciadas a 15 cm. Esta malla puede adquirirse en planchas de 2,4 x 5,0 m.

El procedimiento realizado para reforzar los muros es el siguiente (fotos de Castro A. 2002)

- Picar y limpiar las fisuras gruesas de los muros.
- Humedecer y rellenar las fisuras con mortero de proporción 1:3 (cemento : arena).



Fig. 45 Reparación de grietas gruesas

- Reemplazar los ladrillos triturados por concreto simple. (1:5, cemento: hormigón)
- Si la unión viga columna tuviera daños, entonces el concreto debe ser sustituido por otro de similar característica.



Fig. 46 Picado del nudo viga columna

- Pañetear al muro con un mortero cemento-arena gruesa 1:4.



Fig. 47 Pañeteo del muro

- Perforar el muro con un cincel de ¼” cada 45 cm. para interconectar las mallas electrosoldadas.



Fig. 48 Perforación del muro

- Limpiar con aire comprimido las perforaciones realizadas.
- Colocar las mallas a ambos lados del muro y conectándolas con alambres #8.  
Los alambres #8 se tienen que amarrar con alambre #16 contra los nudos de la malla.
- Rellenar las perforaciones con lechada de cemento y tarrajear el muro.



Fig. 49 Fijado de la malla electrosoldada



Fig. 50 Inyección de perforaciones