

FICHAS DE LESIONES TÍPICAS DE DAÑOS POR TERREMOTOS EN INMUEBLES

Para uso con Ficha de Inspección Rápida Desarrollada por la Dirección de Arquitectura

Eduardo Hurtado G.
Ingeniero Civil

ALCANCES Y OBJETIVOS

El documento que sigue es un dossier que se irá completando en el tiempo de lesiones más usuales para las tipologías estructurales existentes que sirva para una inspección de edificios lesionados por terremotos. Debe ser usado por profesionales del área de la construcción o familiarizado con esta, con criterio técnico y experiencia.

Las siguientes lesiones típicas son una guía operativa, basada en la publicación colombiana Guía de Patologías Constructivas Estructurales y No Estructurales de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

Se le ha adoptado en esta publicación por ser lo más atingente a la taxonomía de construcciones en Chile y para ser usada en la evaluación temprana de edificios, en la fase de emergencia del terremoto en la zona norte de Chile de fecha 01 de Abril de 2014.

Se ha resumido y adaptado el lenguaje cuando corresponde a la realidad chilena. A diferencia de otros países en Chile existe la albañilería confinada o reforzada, en donde la albañilería si es parte estructural del muro y no es un marco de relleno pero su patrones de lesiones son similares a los descritos en la publicación de base, y la albañilería armada que en algunos países se llama reforzada, la que ya no se usa masivamente en Chile. Por lo que sólo nos hemos concentrado en dos materiales de mayor uso en edificación.

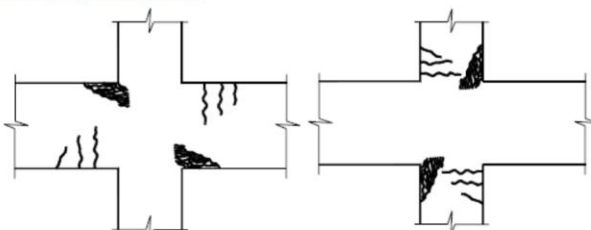
En la medida que se actualice se agregarán otras nomenclaturas.

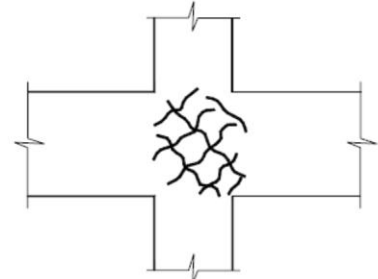
En principio se caracterizarán las estructuras de hormigón armado y las albañilerías (o mamposterías) sin refuerzo de acero.

ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

1. VIGAS Y COLUMNAS. DAÑOS CERCA DE UNIONES

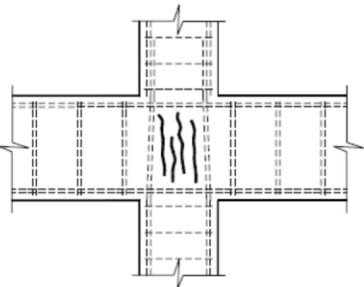
2. UNIONES O NUDOS. DAÑOS POR CORTE POR FALTA DE REFUERZO TRANSVERSAL.

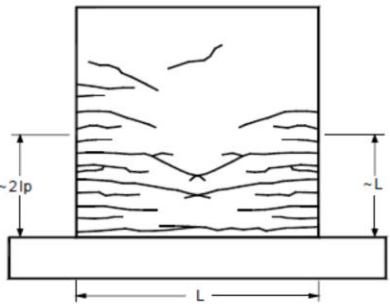
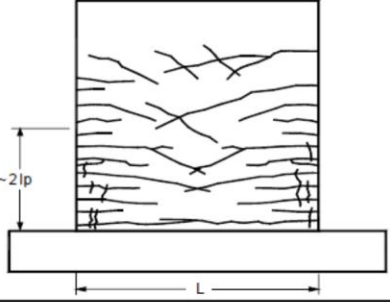
DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO
<u>Ninguno / Muy leve</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ninguna o fisuras imperceptibles. Fisuras de flexión paralelas, en caras opuestas del nudo Fisuración fina o deslaminación del concreto en caras opuestas del nudo. <p>Apariencia típica:</p> 
<u>Leve</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisuras con anchuras entre 0.2 mm y 1 mm. <p>Apariencia típica:</p> <p>Similar a la anterior pero con fisuras más anchas.</p>
<u>Moderado</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisuras con anchuras entre 1 mm y 2 mm. <p>Apariencia típica:</p> <p>Similar a la anterior pero con fisuras más anchas.</p>
<u>Fuerte</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisuras con anchuras hasta de 6 mm. <p>Apariencia típica:</p> <p>Similar a la anterior pero con fisuras más anchas.</p>
<u>Severo</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisuras con anchuras mayores que 6 mm. Expulsión de material Posible pandeo de refuerzo longitudinal. <p>Apariencia típica:</p> <p>Fisuras más anchas, deterioro del concreto y posible apertura o rotura de ganchos de estribos..</p>

DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO
<u>Ninguno / Muy leve</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ninguna o fisuras imperceptibles. Fisuras de ancho variable, en ambas direcciones de las diagonales del nudo. <p>Apariencia típica:</p> 
<u>Leve</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisuras con anchuras entre 0.2 mm y 1 mm. <p>Apariencia típica:</p> <p>Similar a la anterior pero con fisuras más anchas.</p>
<u>Moderado</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisuras con anchuras entre 1 mm y 2 mm. <p>Apariencia típica:</p> <p>Similar a la anterior pero con fisuras más anchas.</p>
<u>Fuerte</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisuras con anchuras hasta de 6 mm. <p>Apariencia típica:</p> <p>Similar a la anterior pero con fisuras más anchas.</p>
<u>Severo</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisuras con anchuras mayores que 6 mm. Expulsión de material <p>Apariencia típica:</p> <p>Fisuras más anchas, deterioro del concreto.</p>

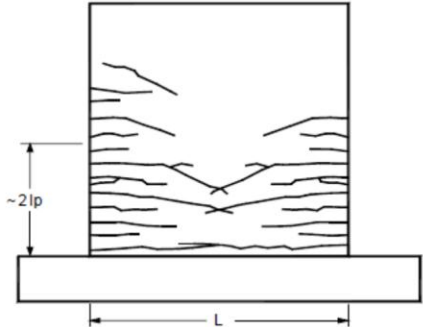
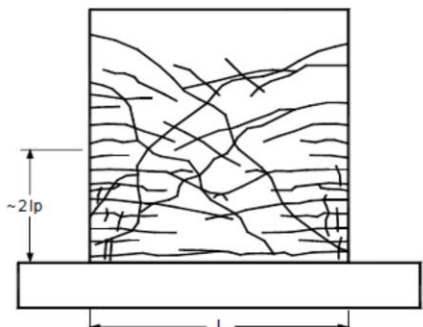
3. UNIONES O NUDOS. FALTA DE REFUERZO TRANSVERSAL O BAJA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN.

4. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO. MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DÚCTIL. CÓDIGO 1AC

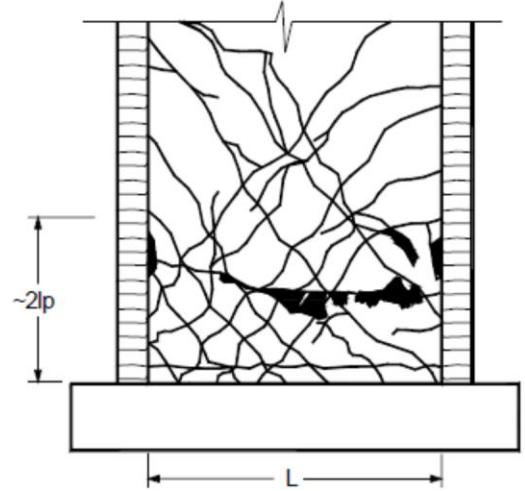
DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO
Ninguno / Muy leve	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ninguna o fisuras imperceptibles. Una o varias paralelas Dirección paralela a la eje de la columna. <p>Apariencia típica:</p> 
Leve	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisuras con anchuras entre 0.2 mm y 1 mm. <p>Apariencia típica:</p> <p>Similar a la anterior pero con fisuras más anchas.</p>
Moderado	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisuras con anchuras entre 1 mm y 2 mm. <p>Apariencia típica:</p> <p>Similar a la anterior pero con fisuras más anchas.</p>
Fuerte	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisuras con anchuras hasta de 6 mm. <p>Apariencia típica:</p> <p>Similar a la anterior pero con fisuras más anchas.</p>
Severo	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisuras con anchuras mayores que 6 mm. Expulsión de material <p>Apariencia típica:</p> <p>Fisuras más anchas, deterioro del concreto.</p>

DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO
Ninguno/ Muy Leve	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ninguna fisura >4mm y Ninguna fisura de corte >3mm Sin descascaramiento ni fisuras verticales <p>Apariencia Típica:</p>  <p>Nota: lp es la longitud de la rótula plástica, aproximadamente igual a $\frac{L}{2}$</p>
Leve	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisuras <6mm, y Fisuras de corte <3mm, y No hay descascaramiento ni fisuras verticales, y No hay pandeo de refuerzo ni refuerzo fracturado, y No hay desplazamiento residual significativo <p>Apariencia Típica:</p> <ul style="list-style-type: none"> Similar al anterior pero con fisuras mas anchas
Moderado	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Descascaramiento o fisuras verticales, aparecen en los extremos de la base del muro, en el recubrimiento del concreto, y No hay refuerzo pandeado ni fracturado, y No hay desplazamiento residual significativo <p>Apariencia Típica:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisuras <6mm  <p>Nota: lp es la longitud de la rótula plástica, aproximadamente igual a $\frac{L}{2}$</p>
Fuerte	No se usa
Severo	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Refuerzo fracturado <p>Indicaciones Típicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fisura de flexión ancha concentrada en una sola grieta Grandes desplazamientos residuales

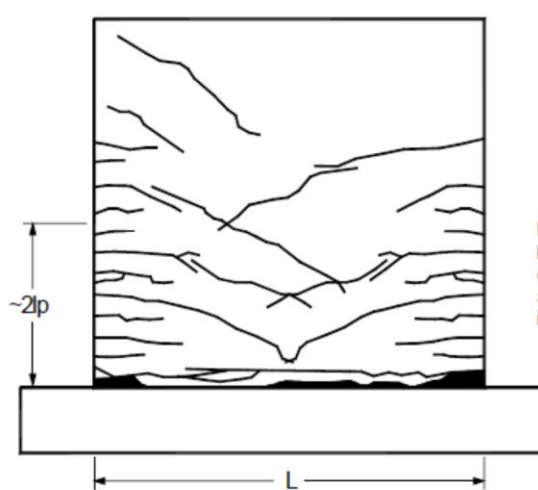
5. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO. MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO 1BC

DAÑO	DESCRIPCION DEL DAÑO
<u>Ninguno/ Muy Leve</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * Fisuras de corte <1.5mm, y * Fisuras de flexión <5mm, y * No hay descascaramiento ni fisuras verticales <p><u>Apariencia Típica:</u></p>  <p>Nota: lp es la longitud de la rótula plástica, aproximadamente igual a $\frac{L}{2}$</p>
<u>Moderado</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * Fisuras de corte <3mm, y * Fisuras de flexión <6mm, y * Fisuras de corte >1.5mm ó descascaramiento parcial, el alma o los bordes de la base del muro * No hay refuerzo pandeado o fracturado. * No hay desplazamiento residual significativo <p><u>Apariencia Típica:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * Similar al caso insignificante pero con fisuras mas anchas y un poco de descascaramiento.
<u>Fuerte</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * 3mm < Fisuras de corte <9mm <p><u>Apariencia Típica:</u></p>  <p>Nota: lp es la longitud de la rótula plástica, aproximadamente igual a $\frac{L}{2}$</p>
<u>Severo</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * Refuerzo fracturado <p><u>Indicaciones Típicas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * Fisuras de corte anchas, concentrados en una sola grieta

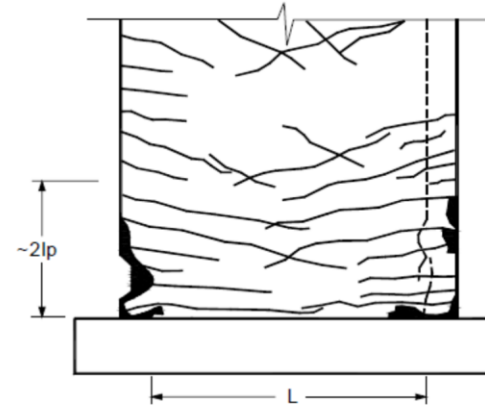
6. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO. MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON APLASTAMIENTO. CÓDIGO 1CC

DAÑO	DESCRIPCION DEL DAÑO
<u>Ninguno/ Muy Leve</u>	<ul style="list-style-type: none"> * Similar al caso anterior
<u>Leve</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * Fisuras de corte <3mm, y * Fisuras de flexión <6mm, y * Descascaramiento parcial en bordes ó fisuras de corte >1.5mm * No hay refuerzo pandeado ni fracturado * No hay desplazamiento residual significativo
<u>Fuerte</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * Descascaramiento significativo, y * No hay refuerzo fracturado  <p>Nota: lp es la longitud de la rótula plástica, aproximadamente igual a $\frac{L}{2}$</p>
<u>Severo</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * Gran descascaramiento y vacios en el alma * Desplazamiento residual significativo

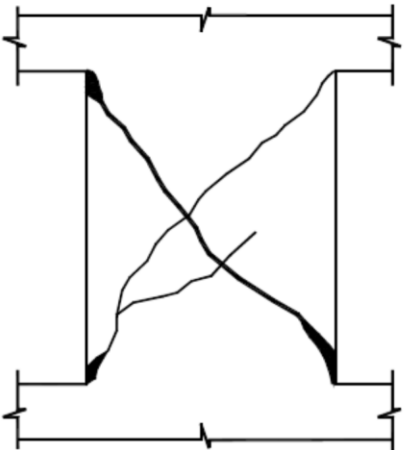
7. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO. MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON APLASTAMIENTO. CÓDIGO 1CD

DAÑO	DESCRIPCION DEL DAÑO
<u>Ninguno/ Muy Leve</u>	* Similar al 1AC
<u>Leve</u>	* Similar al 1AC
<u>Moderado</u>	* No se usa
<u>Fuerte</u>	<p><u>Criterios:</u> * Desarrollo de una importante grieta horizontal a lo largo de todo el muro, con alguna degradación del concreto en la grieta, que indica que ha ocurrido un deslizamiento. Es posible que haya también deslizamiento lateral.</p> <p><u>Apariencia Típica:</u></p> <p>* Fisuras <9mm</p>  <p>Nota: lp es la longitud de la rótula plástica, aproximadamente igual a $\frac{L}{2}$</p>
<u>Severo</u>	<p><u>Criterios:</u> * Significante movimiento lateral, fuera del plano de la superficie de deslizamiento.</p>

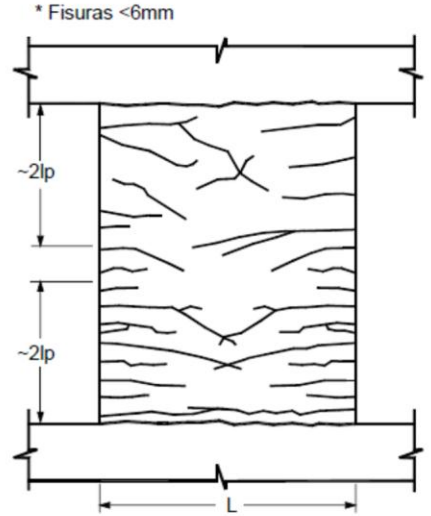
8. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO. MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON COMPRESIÓN DE BORDE. CÓDIGO 1EC

DAÑO	DESCRIPCION DEL DAÑO
<u>Ninguno/ Muy Leve</u>	* Similar al 1AC
<u>Leve</u>	* Similar al 1AC
<u>Moderado</u>	* Similar al 1AC
<u>Fuerte</u>	<p><u>Criterios:</u> * Descascaramiento o fisuras verticales en bordes de zona plástica * Refuerzo vertical de borde se pandea, o se daña severamente el concreto en el borde pero no solo el recubrimiento.</p> <p><u>Apariencia Típica:</u></p> <p>* Fisuras <9mm</p>  <p>Nota: lp es la longitud de la rótula plástica, aproximadamente igual a $\frac{L}{2}$</p>
<u>Severo</u>	* Similar al 1AC

9. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO. MURO AISLADO O PILA DÉBIL. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DUCTIL. CÓDIGO 2AC

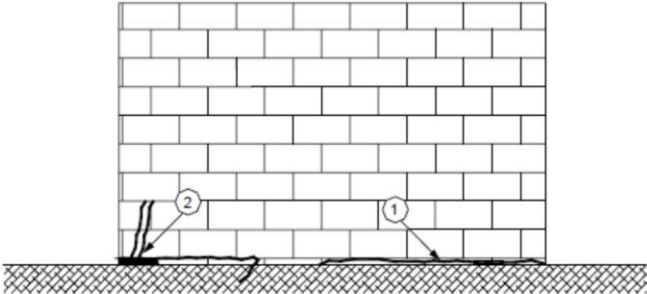
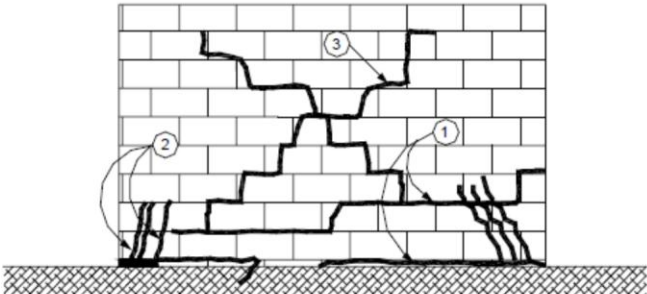
DAÑO	DESCRIPCION DEL DAÑO
<u>Ninguno/ Muy Leve</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> * No hay fisuras de corte, y * Fisuras de flexión <3mm <p>Apariencia Típica:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Similar a 2AC pero sin fisuras de corte
<u>Leve</u>	<ul style="list-style-type: none"> * No se usa
<u>Moderado</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Fisuras <3mm * No hay fisuras verticales ni descascaramiento <p>Apariencia Típica:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Similar al anterior pero con fisuras pequeñas de corte
<u>Fuerte</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> * 3mm < fisuras de corte <9mm. Las fisuras se concentran en una o varias grietas <p>Apariencia Típica:</p> 
<u>Severo</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Refuerzo fracturado * Fisuras anchas de corte usualmente concentradas en una sola grieta

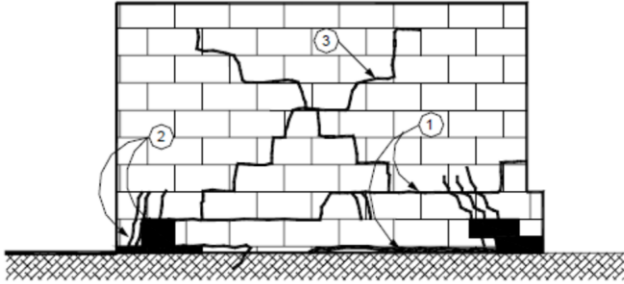
10. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO. MURO AISLADO O PILA DÉBIL. AGRIETAMIENTO DIAGONAL CON FALLA POR CORTE. CÓDIGO 2BC

DAÑO	DESCRIPCION DEL DAÑO
<u>Ninguno/ Muy Leve</u>	<ul style="list-style-type: none"> * Similar al 1AC
<u>Leve</u>	<ul style="list-style-type: none"> * Similar al 1AC
<u>Moderado</u>	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Descascaramiento o fisuras verticales ocurren en los bordes de la zona plástica sólo en el recubrimiento. * No hay refuerzo pandeado o fracturado * No hay desplazamiento residual significativo <p>Apariencia Típica:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Fisuras <6mm  <p>Nota: lp es la longitud de la rótula plástica, aproximadamente igual a $\frac{L}{2}$</p>
<u>Fuerte</u>	<ul style="list-style-type: none"> * No se usa
<u>Severo</u>	<ul style="list-style-type: none"> * Similar al 1AC

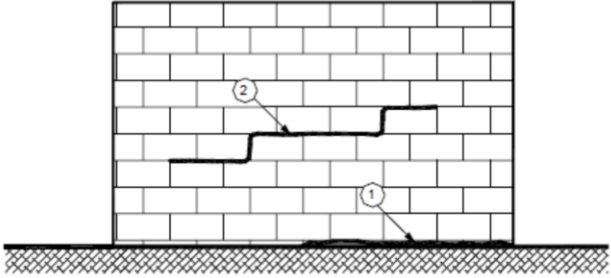
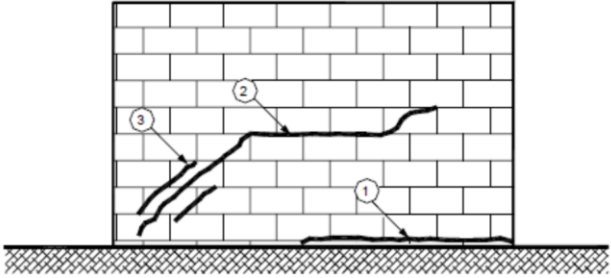
ESTRUCTURAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

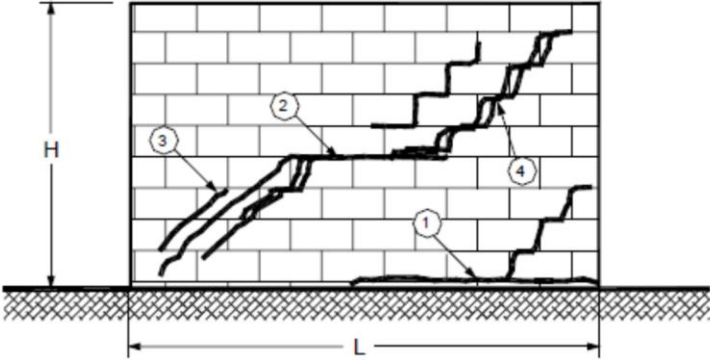
1. MUROS DE ALBAÑILERÍA SIMPLE Y CONFINADA. FISURACION POR FLEXION / APLASTAMIENTO DE BORDE/ DESLIZAMIENTO DE JUNTA. CÓDIGO 1A-MNR

DAÑO	DESCRIPCION DEL DAÑO
Ninguno/ Muy Leve	<p><u>Criterios:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Fisuras horizontales muy delgadas en borde a tracción 2) Posible fisuración diagonal y descascaramiento menor en borde a compresión <p><u>Apariencia Típica:</u></p> 
Moderado	<p><u>Criterios:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Fisuras horizontales, mortero descascarado en las juntas de la base del muro indicando que ha ocurrido un corrimiento en el plano de hasta aproximadamente 6mm 2) Posible fisuración diagonal y descascaramiento en el borde a compresión. Las fisuras se extienden hacia arriba varias hiladas 3) Posible fisuración diagonal en partes superiores del muro, inclusive en las unidades. <p><u>Apariencia Típica:</u></p> 

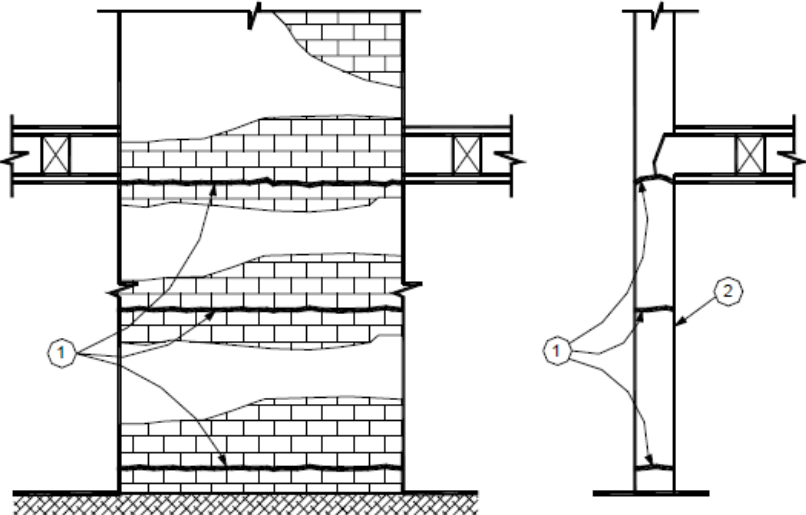
DAÑO	DESCRIPCION DEL DAÑO
Fuerte	<p><u>Criterios:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Grietas en las juntas horizontales cerca de la base del muro, similar a moderado, pero anchura de hasta 12mm 2) Posible fisuración diagonal y descascaramiento en el borde a compresión. Las fisuras se extienden hacia arriba varias hiladas 3) Igual que moderado, pero con fisuras hasta de 12mm <p><u>Apariencia Típica:</u></p> 
Severo	<p><u>Criterios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * La capacidad de carga vertical se disminuye <p><u>Indicaciones Típicas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * La fisuración en escalera es muy pronunciada. Las unidades se deslizan de su apoyo inferior * Borde inferior comienza a desintegrarse * El desplazamiento residual es tan grande, que las unidades del borde están por caerse.

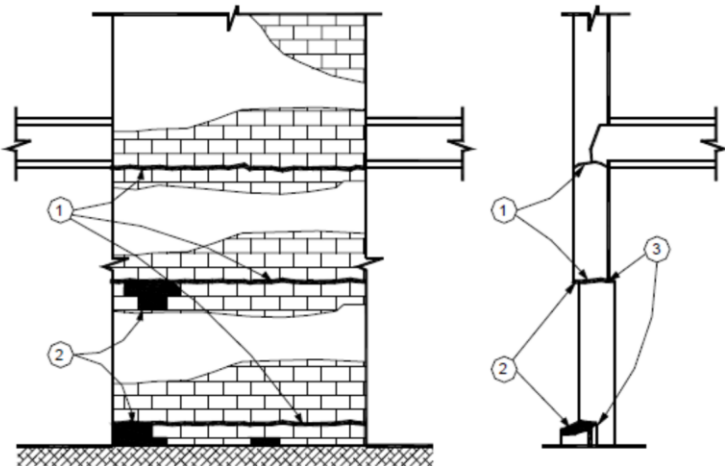
2. MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA. FISURACION POR FLEXION / APLASTAMIENTO DE BORDE INFERIOR. CÓDIGO 1B-MNR

DAÑO	DESCRIPCION DEL DAÑO
<u>Ninguno/ Muy Leve</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Fisuras horizontales en juntas de pega en el borde inferior del muro 2) Fisuras horizontales en 1 a 3 grietas en la parte central del muro. No ha habido corrimiento a lo largo de la grieta 3) No hay fisuras en unidades <p><u>Apariencia Típica:</u></p> 
<u>Leve</u>	* No se usa
<u>Moderado</u>	* No se usa
<u>Fuerte</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Fisuras horizontales en la junta de pega en el extremo inferior del muro 2) Fisuras horizontales en 1 a 3 grietas en la parte central del muro. Con un posible corrimiento a lo largo de la grieta 3) Fisuración diagonal en el borde inferior del muro, posiblemente a través de las unidades, con algo de descascaramiento <p><u>Apariencia Típica:</u></p> 

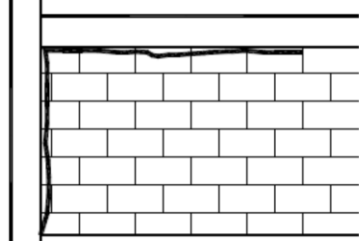
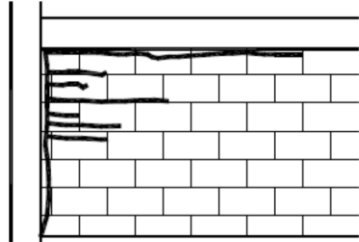
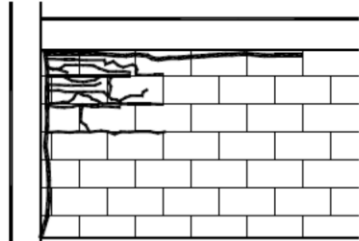
DAÑO	DESCRIPCION DEL DAÑO
<u>Severo</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Fisuras horizontales en junta de pega en el borde inferior del muro 2) Fisuras horizontales en parte central del muro, con corrimiento a lo largo de la grieta 3) Fisuración diagonal en el borde inferior del muro, posiblemente a través de las unidades, con algo de descascaramiento 4) Grandes fisuras en parte superior, diagonales para muros con $L/H > 1.5$, verticales para dimensiones menores <p><u>Apariencia Típica:</u></p> 

**3. MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA. FLEXION FUERA DEL PLANO O VACIAMIENTO.
CÓDIGO 1C-MNR**

DAÑO	DESCRIPCION DEL DAÑO
<u>Ninguno/ Muy Leve</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Fisuras horizontales a nivel superior, inferior, y en el medio de cada nivel del muro entre pisos 2) No hay corrimiento fuera del plano ó descascaramiento del mortero de pega a lo largo de las fisuras <p><u>Apariencia Tipica:</u></p> 
<u>Leve</u>	* No se usa
<u>Moderado</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Fisuras a nivel superior e inferior (techo y piso) de cada nivel, y en la mitad de la altura puede haber descascaramiento de la junta de pega 2) Corrimiento fuera del plano de hasta 3mm <p><u>Apariencia Tipica:</u></p> <p>* Similar a insignificante</p>

DAÑO	DESCRIPCION DEL DAÑO
<u>Fuerte</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Fisuras a nivel superior e inferior (techo y piso) de cada nivel, y en la mitad de la altura puede haber descascaramiento de la junta de pega 2) Descascaramiento y redondeo de bordes de unidades a lo largo de plano de fisuras 3) Corrimiento fuera del plano a lo largo de las fisuras de hasta 12mm <p><u>Apariencia Tipica:</u></p> 
<u>Severo</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <p>* Capacidad de carga disminuida</p> <p><u>Indicaciones Típicas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * Corrimiento significativo fuera del plano o en el plano en los extremos superior e inferior * Significante aplastamiento y descascaramiento de unidades en las grietas

4. MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA. APLASTAMIENTO DE ESQUINAS. CÓDIGO 1MD

DAÑO	DESCRIPCION DEL DAÑO
<p><u>Ninguno/ Muy Leve</u></p>	<p><u>Criterios:</u> * Separación del mortero alrededor del perímetro del muro de relleno. Algún aplastamiento del mortero cerca a las esquinas</p> <p><u>Apariencia Tipica:</u></p> 
<p><u>Moderado</u></p>	<p><u>Criterios:</u> * Aplastamiento del mortero, fisuración de unidades, incluyendo movimiento lateral de las caras de las unidades.</p> <p><u>Apariencia Tipica:</u></p> 
<p><u>Fuerte</u></p>	<p><u>Criterios:</u> * Pérdida de unidades de esquina por descascaramiento completo de caras de unidades. Fisuración diagonal en escalera y/o deslizamiento de juntas</p> <p><u>Apariencia Tipica:</u></p> 

BIBLIOGRAFÍA

1. **Guía Técnica para Inspección de Edificaciones Después de un Sismo.** MANUAL DE CAMPO. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Mayo de 2012.
2. **Guía de Patologías Constructivas, Estructurales y No Estructurales.** Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Junio de 2004.
3. **Manual de Inspección Rápida para Edificaciones de Hormigón Armado Dañadas por Terremotos.** Kaminosono, Takashi, Kumazawa, Fumitoshi, Nakano, Yoshiaki. Basado en el Desastre de 1999, Terremoto de Kocaeli en Turquía. Instituto Nacional para la Gestión de Terreno e Infraestructura. Ministerio de Terreno, Infraestructura y Transporte. Japón. Marzo de 2002.