



Documentación Técnica



COMISION DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CONTRATOS

ET 001-05

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:

FISURAS NO ESTRUCTURALES EN MUROS

DE HORMIGÓN ARMADO

2005

INSTITUTO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN DE CHILE

Josue Smith Solar 360, Providencia • Fono: (56-2) 2726 0300 • Santiago Chile • E-mail: ichmail@ich.cl

www.ich.cl

COMITÉ DE FISURACIÓN DEL HORMIGÓN

OBJETIVO DEL COMITÉ

Grupo conformado por profesionales de la construcción que aportan su experiencia y conocimiento para preparar Especificaciones Técnicas relativas a la fisuración del hormigón que permitan definir lo aceptable y establecer límites que definan el estado de fisuración de un elemento.

Representantes Empresas Integrantes Comisión de Especificaciones Técnicas para Contratos que Validó esta Especificación Técnica:

Empresa	Representante	Empresa	Representante
AICE	Sr. Fernando Yañez	Icafal	Sr. Raul Salas
AOA	Sr. Luis Izquierdo	ICH	Sr. Cristian Masana
ARA	Sr. Mario Muñoz	ICH	Sr. Juan Pablo Covarrubias
Asociado	Sr- Bernhard Paul	Metro S.A.	Sr Carlos Mercado
Besalco	Sr. Manuel Macaya	Minmetal	Sr. Fernando Durán
Brotec	Sr. Leonardo Vildósola	Minvu	Sr. Camilo Sánchez
Constructora BI	Sr. Luis H. Bravo	MOP	Sr. Rogelio Navarrete
Cade Idepe	Sr. Eric Woolvett	PUC	Sr. Carlos Videla
Codelco Chile	Sr. Felipe Urrutia	Salfacorp	Sr. Carlos Fernandez
Cruz y Dávila	Sr. Jorge Bravo	Sigdo Koppers	Sr. Oscar Guarda
DLP	Sr. Javier Darraidou	Tecsa	Sr. Alejandro Albertz
DRS	Sra. Ana María Butrón	Vial y Vives	Sr. Manuel José Navarro

Integrantes Comité Fisuración del Hormigón que Preparó esta Especificación Técnica:

<i>Cristian Masana</i>	<i>ICH</i>	<i>Secretario Técnico (cmasana@ich.cl)</i>	
<i>Jorge Montegu</i>	<i>Asesor Comité</i>		
NOMBRE	INSTITUCION	NOMBRE	INSTITUCION
<i>Mario Muñoz</i>	<i>Arze, Recine y Asociados</i>	<i>Pablo Orus</i>	<i>Ingevec</i>
<i>Jaime Contreras</i>	<i>Cade Idepe</i>	<i>Víctor Hugo Henríquez</i>	<i>Metro</i>
<i>Arnoldo Bucarey</i>	<i>Cementos Bio Bio</i>	<i>Carlos Videla</i>	<i>PUC</i>
<i>Arturo Holmgren</i>	<i>Cementos Polpaico</i>	<i>Carl Luders</i>	<i>PUC</i>
<i>Pedro Pinto</i>	<i>Cementos Melón</i>	<i>Rafael Valdés</i>	<i>Salfa</i>
<i>Juan Pablo Covarrubias</i>	<i>ICH</i>	<i>Miguel Leal</i>	<i>Sigdo Koppers</i>
<i>Fernando Yañez</i>	<i>Idiem. U. de Chile</i>	<i>Carlos Aguilar</i>	<i>Socovesa</i>
<i>Bernhard Paul</i>	<i>Independiente</i>	<i>Hugo Barrera</i>	<i>USACH</i>

LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS POR COMPORTAMIENTO

“Las Especificaciones Técnicas por Comportamiento especifican el criterio por el cual el comportamiento será juzgado, los resultados requeridos y el método por el cual este comportamiento puede ser verificado. El contratista es libre de elegir materiales y métodos pero los resultados deben cumplir con el criterio de comportamiento especificado”. (Traducido de Manual of Practice, Construction Specifications Institute “CSI”, 1996)

Las Especificaciones Técnicas por Comportamiento que se proponen en este trabajo han sido preparadas por profesionales relacionados al área de la construcción y aprobadas para uso público por un grupo representado por mandantes, diseñadores, inspectores técnicos, y contratistas.

Estos documentos contienen una especificación técnica que propone el cumplimiento de un estándar de calidad en la ejecución de estructuras de hormigón, que se verifica por medio de resultados objetivos que se miden sobre un elemento terminado. Los estándares de calidad definidos en cada una de las Especificaciones Técnicas han sido consensuados por el grupo de trabajo que generó la Especificación, como el(o los) requisito(s) más importante(s) a considerar en una evaluación de comportamiento aceptable del elemento. Los requisitos especificados en estos documentos han sido definidos como los de ocurrencia normal en obras actuales, diseñadas de acuerdo al sistema y conocimiento de uso común, y bien construidas, según las prácticas usuales y utilizando materiales y equipos disponibles en la industria local.

A diferencia de las Especificaciones Técnicas típicas, en estos documentos no se especifica un procedimiento de ejecución, sino que se proponen valores mínimos aceptables de resultado para un comportamiento adecuado del elemento durante su vida útil.

Además del requisito de resultado, se indica en la Especificación Técnica los criterios de medición, de aceptación y rechazo, y de reparación o actuación en caso de no-conformidad, y se dan los criterios para dar la posibilidad de utilizar procedimientos propios a empresas constructoras que, basadas en su tecnología y/o experiencia, puedan asegurar el resultado especificado. Para el caso contrario, se dan recomendaciones generales para cumplir con el resultado de acuerdo a la utilización de los procedimientos básicos comúnmente utilizados en construcción.

ET 001-05: FISURAS NO ESTRUCTURALES EN MUROS DE HORMIGON ARMADO

CONTENIDO	COMENTARIOS
<p>I. GENERALIDADES</p> <p>I.1. OBJETIVO: El objetivo de la presente Especificación Técnica es establecer límites máximos a las fisuras que aparezcan en muros de Hormigón Armado y que no afecten su resistencia y funcionamiento. Para ello, se definen indicadores para asociar el comportamiento de fisuración en un muro a un estándar de resultado aceptable, y se proponen las acciones de reparación que sean requeridas. Además, se entregan pautas generales para permitir a empresas que cuenten con procedimientos para cumplir con los resultados especificados, puedan utilizar estos sin que se les especifique el procedimiento de ejecución.</p> <p>I.2 DEFINICIONES: En esta Especificación Técnica se utilizan los siguientes términos:</p> <p>a) Fisuras No- Estructurales: Fisuras que se producen por cambios volumétricos del hormigón endurecido. Estas fisuras normalmente no inciden negativamente en la resistencia ni el comportamiento estructural del elemento.</p> <p>b) Fisuras Estructurales: Fisuras que se producen en el hormigón endurecido por cargas muertas, por fuerzas aplicadas, por deformaciones excesivas del hormigón u otras influencias de carga externa.</p> <p>c) Patrón de Fisuración: Caracterización de la fisuración de un muro (ancho, espaciamiento y trayectoria de las fisuras) que existe en un momento determinado.</p> <p>d) Estándar de Fisuración: Cuantificación del patrón de fisuración en función del ancho máximo de las fisuras y de la razón ancho total fisuras/largo del muro.</p>	<p>C.I El diseño de elementos de hormigón armado normalmente acepta fisuras, las cuales deben mantenerse bajo control con una adecuada cantidad (cuantía), diámetro y disposición (espaciamiento) de la armadura de refuerzo. Este refuerzo es en general para el caso de muros de Hormigón Armado, el mínimo exigido por diseño según ACI 318. Sin embargo, el diseño de elementos de hormigón armado con ACI 318 tiene un concepto predominantemente de resistencia estructural y no contempla el efecto de la fisuración. Por tal motivo, la armadura mínima propuesta por este código no es capaz de evitar la ocurrencia de fisuración No-Estructural en los elementos, la que es ocasionada por efectos de temperatura y retracción hidráulica normales del hormigón.</p> <p>C.I.1 Esta Especificación Técnica define las fisuras no estructurales que se pueden producir por cambios volumétricos del hormigón endurecido, las cuales se presentan normalmente en muros de Hormigón Armado que han sido diseñados según ACI 318 y construidos cumpliendo las recomendaciones técnicas dadas en ACI 318, ACI 301 y NCh 170 y las Especificaciones Técnicas propias del proyecto.</p> <p>C.I.2.a) Las definiciones de fisuras no estructurales y estructurales fueron realizadas en base al origen o causa que provoca la fisuración, y no a la implicancia que esta podría tener en la resistencia y comportamiento de la estructura.</p>

<p>e) Ancho de fisuras: Magnitud del ancho de una fisura medida en la superficie de un elemento y en dirección perpendicular a la dirección de la trayectoria de ésta.</p> <p>f) Razón ancho total fisuras/largo muro: Es el cociente entre la suma del ancho de las fisuras que haya en una línea horizontal predefinida de un muro, y el largo del muro.</p> <p>g) Estándar de Fisuración Especificado: Estándar de fisuración máximo aceptable en un muro.</p> <p>h) Estándar de Fisuración Real: Estándar de fisuración de un muro calculado en un momento determinado.</p> <p>I.3. ALCANCE:</p> <p>I.3.1 Esta Especificación Técnica se aplica a la fisuración del hormigón endurecido producida por deformación volumétrica restringida, en muros que hayan sido diseñados según las disposiciones del código ACI 318 y construidos y curados según las prácticas generalmente aceptadas en Chile.</p> <p>I.3.2 Esta especificación no es aplicable a muros que hayan sido diseñados para cumplir con requisitos especiales de fisuración por consideraciones funcionales, estéticas o de durabilidad.</p>	
<p>II. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA</p> <p>II.1 REQUISITOS DE FISURACIÓN NO ESTRUCTURAL</p> <p>II.1.1 Se consideran como fisuras debidas a deformaciones volumétricas restringidas del hormigón endurecido en muros, aquellas cuya orientación es vertical o con inclinación menor o</p>	<p>C.II.1 La fisuración por deformaciones volumétricas restringidas del hormigón endurecido indicada en esta Especificación Técnica, se refiere a fisuras ocasionadas por movimientos térmicos y/o de retracción hidráulica, las cuales generalmente no representan un problema para la estructura, pero pueden afectarla estéticamente y en ocasiones</p>

<p>igual a 30° respecto a la vertical, y son de lados predominantemente paralelos.</p>	<p>afectar la serviciabilidad y durabilidad del elemento. El alcance de esta especificación técnica no cubre estos últimos requerimientos.</p>
<p>II.1.2. Las fisuras que no cumplan con los requisitos de orientación de II.1.1, presenten desplazamientos en el plano del muro, o su origen se deba a sollicitaciones mecánicas sobre el muro se entenderán como fisuras estructurales.</p>	
<p>II.2 ESTÁNDAR DE FISURACIÓN ESPECIFICADO</p>	<p>C.II.2 En DTE 001-05 se indican algunas acciones que permiten cumplir con los valores del estándar de fisuración especificado. Se deberán coordinar las acciones necesarias entre el arquitecto, el ingeniero estructural y el contratista para lograr resultados acordes a lo exigido en el proyecto.</p>
<p>II.2.1. Las fisuras de origen no estructural en muros cuyo ancho sea no mayor que 0,5 mm. se considerarán como fisuras sin implicancia estructural. Las fisuras de ancho mayor que 0,5 mm. podrían afectar el comportamiento estructural y por lo tanto deberán ser evaluadas por el ingeniero estructural del proyecto.</p>	<p>C.II.2.1 El Estándar de Fisuración Especificado en este documento se propone en base a los resultados de medición del patrón de fisuración observado en obras reales, sin especificaciones técnicas especiales, y con las resistencias típicas de hormigones H20 y H30, según NCh 170. En todos los casos analizados la fisuración registrada era de origen no-estructural. Se pudo concluir que de las obras revisadas, aproximadamente un 44% de los muros presentó fisuras de ancho no mayor que 0,3 mm, y un 93% de ancho no mayor que 0,5 mm, y una razón ancho total fisuras/largo muro no mayor que 0,3 mm/m en el 90% de los casos. En general, todas las obras incorporadas al análisis tenían muros fisurados de esta magnitud. Para mayor detalle de este tema y de las referencias bibliográficas al respecto revisar el documento DTE 001-05.</p>
<p>II.2.2. Las fisuras de origen no estructural en muros que hayan sido diseñados para soportar alta sollicitación de corte, según el criterio del ingeniero estructural que calculó el proyecto, se considerarán sin implicancia estructural cuando su ancho sea no mayor que 0,3 mm. Tales muros deberán ser expresamente indicados en los planos o especificaciones técnicas del proyecto. Las fisuras de ancho mayor a 0,3 mm en estos muros, deberán ser evaluadas por el ingeniero estructural del proyecto.</p>	
<p>II.2.3. En cualquier caso, se deberá cumplir que la razón ancho total fisuras/largo muro, calculada en una línea horizontal definida según II.3.1, sea no mayor que 0,3 mm/m.</p>	
<p>II.2.4. Para el caso de fisuración en canterías se deberá considerar lo indicado en II.6.</p>	

<p>II.3 VERIFICACIÓN DEL ESTÁNDAR DE FISURACIÓN</p> <p>II.3.1. El estándar de fisuración real de un muro será determinado a partir del patrón de fisuración. La magnitud del ancho de cada fisura se medirá sobre la superficie del muro con un instrumento apropiado (comparador o lupa con limbo graduado) sobre la superficie del muro. La razón ancho total/largo muro se calculará determinando el ancho de cada fisura que exista sobre una línea horizontal trazada a discreción de la ITO a la altura donde las fisuras presenten los anchos mayores, abarcando al menos el 50% de las fisuras existentes en el muro al momento de la evaluación.</p> <p>II.3.2 El estándar de fisuración especificado deberá cumplirse en cualquier instante en que se requiera realizar una evaluación, de manera que los anchos de las fisuras y la razón ancho total fisuras/largo muro determinados para el estándar de fisuración real no sobrepasen los valores máximos del estándar de fisuración especificado para el proyecto.</p> <p>II.3.3 Para verificar el cumplimiento del estándar de fisuración se considerará lo siguiente:</p> <p>a) La determinación del estándar de fisuración real no deberá comprometer el normal desarrollo y avance de las obras.</p> <p>b) Antes de colocar revestimiento se verificará el cumplimiento del estándar de fisuración especificado en las fisuras que hayan aparecido al momento de la evaluación. Las fisuras que hasta ese momento cumplan los requisitos indicados en los puntos II.1 y II.2 se aceptarán y las que no, se deberán revisar y reparar como se indica II.5.</p> <p>c) En el caso en que aparezcan fisuras sobre el revestimiento terminado, se verificarán los requisitos de fisuración no estructural sobre el revestimiento colocado. Las fisuras que cumplan los requisitos indicados en los puntos II.1 y II.2 se</p>	<p>C.II.3.1 Un comparador calibrado de fisuras es una regla transparente que tiene dibujadas líneas de diferentes anchos, las cuales al ser superpuestas sobre la fisura permite determinar su ancho por medio de comparar la marca en el comparador que mejor se ajusta al de la fisura medida. Una lupa con limbo graduado (también llamado cuentahílos) permite definir el ancho de la fisura con mayor precisión. Ejemplos de estos tipos de instrumentos se muestran en el documento DTE 001-05.</p> <p>C.II.3.2 Se considera que no importando el instante de la verificación del estándar de fisuración real, éste deberá cumplir los valores máximos del estándar de fisuración especificado en cualquier momento en que se desee realizar una evaluación, independiente de la edad del hormigón, de las condiciones de exposición y del movimiento propio de las fisuras. El cumplimiento de dicho estándar incluye tanto la construcción como la vida en servicio y la responsabilidad de los involucrados en el proyecto de que esto ocurra, termina cuando se extinguen sus responsabilidades legales y/o contractuales por dicho proyecto.</p> <p>C.II.3.3 El cumplimiento del estándar de fisuración especificado sólo indica que el elemento cumple con la fisuración aceptable. Sin embargo, este hecho no exime de cumplir con los requerimientos del proyecto estructural (tal como recubrimientos mínimos), ni de realizar las reparaciones que sean necesarias para asegurar los criterios estéticos, de durabilidad y/o serviciabilidad del elemento.</p> <p>C.II.3.3.b) Se entiende por revestimiento a cualquier producto que se coloque sobre el hormigón de obra gruesa, tal como pinturas, estucos, papel mural u otros</p>
--	---

<p>aceptarán y las que no, se deberán revisar y reparar como se indica II.5.</p> <p>d) Si el revestimiento a colocar evita que se observe en la superficie una fisura no-estructural, se aceptará las fisuras de este tipo que queden detrás del recubrimiento sin que deban ser reparadas.</p> <p>II.4 CRITERIO DE ACEPTACION Y RECHAZO DE FISURAS</p> <p>II.4.1 Fisuras que cumplan los requisitos del Estándar de Fisuración Especificado indicados en II.2, serán aceptadas sin reparación.</p> <p>II.4.2. Las Fisuras que no cumplan los requisitos del Estándar de Fisuración Especificado deberán ser tratadas según los criterios dados en II.5.</p> <p>II.4.3 Por condiciones estéticas de terminación en muros pintados o con papel mural no se aceptarán fisuras visibles sobre estos recubrimientos. En el caso de hormigón a la Vista Arquitectónico, el arquitecto podrá definir la conveniencia o no de la reparación por consideraciones estéticas.</p> <p>II.4.4. El contratista deberá informar a su autocontrol y a la ITO, antes de realizar cualquier tratamiento sobre alguna fisura que aparezca en un muro. Las fisuras que no cumplan con el Estándar de Fisuración Especificado serán responsabilidad del contratista.</p> <p>II.5 RECOMENDACIONES PARA REPARACIÓN DE FISURAS QUE NO CUMPLAN EL ESTÁNDAR DE FISURACIÓN ESPECIFICADO</p> <p>II.5.1. En los casos en que el ingeniero estructural del proyecto haya evaluado la fisura y definido que no tiene implicancia estructural, se deberá:</p> <p>a) Fisuras no estructurales en muros de baja sollicitación al corte y ancho mayor que 0,5 mm y hasta 1 mm no tendrán tratamiento, a menos que corresponda a los casos indicados en II.4.3.</p> <p>b) Fisuras no estructurales en muros con baja</p>	<p>que se usen para dar la terminación superficial al muro.</p> <p>C.II.4 Para la determinación del instante en que es conveniente realizar una reparación y la selección del método de reparación, el contratista deberá considerar y evaluar si las grietas han alcanzado una condición estática. Si la reparación se aplica sobre fisuras activas, es recomendable considerar un sistema elástico para evitar la generación de nuevas grietas. Además la aplicación de un sistema de reparación sobre grietas activas puede producir reflexión de grietas sobre el recubrimiento aplicado.</p> <p>C.II.5.a) En DTE 001-05 se sugieren procedimientos de tratamiento de fisuras.</p>
---	--

<p>solicitud al corte y de ancho mayor que 1 mm deberán ser reparadas con inyección epóxica.</p> <p>c) Fisuras con espesor mayor que 0,3 mm en muros con alta solicitud al corte deberán ser reparadas con inyección epóxica o equivalente en los casos que indique el ingeniero estructural del proyecto.</p> <p>II.5.2. Fisuras estructurales de cualquier ancho deberán ser reparadas según las indicaciones del ingeniero estructural del proyecto.</p> <p>II.6 CONDICIONES ESPECIALES</p> <p>II.6.1. Utilización de Canterías. En el caso de utilizar canterías para inducir la fisuración en lugares controlados, se aceptará obtener anchos de fisuras mayores a los del estándar de fisuración especificado para el elemento. En este caso, el estándar deberá cumplirse entre las canterías definidas a lo largo del muro o en la longitud definida por la cantería más cercana al borde y el borde del muro.</p> <p>II.6.2 La fisura al interior de la cantería podrá, de acuerdo a lo indicado en las especificaciones técnicas del proyecto, sellarse con sistemas elásticos para asegurar su estanqueidad y dar protección a las armaduras.</p>	<p>C.II.5.2 La decisión del Ingeniero estructural en la forma de reparación estará basada en el comportamiento de la estructura después de la reparación. Todas las fisuras que exijan revisión del Ingeniero estructural del proyecto no podrán recubrirse ni repararse antes de la revisión.</p> <p>C.II.6.1 La cantería es una singularidad que no se incluye en la definición del estándar de fisuración especificado y por lo tanto, las fisuras que se obtengan en ella podrán ser de anchos mayores, lo cual dependerá de la forma de materializar la cantería, enfierradura y distancia entre ellas. Si se desea incluir canterías de control de fisuras en un muro, se deberá diseñar la armadura en la zona, de manera que asegure el comportamiento estructural requerido, que la fisura se forme en la cantería y que se produzca un efectivo alivio de tensiones para que no ocurran fisuras en otra posición. Mientras mayor sea el ancho de la fisura en la cantería, menor es la probabilidad de que ocurran fisuras en otra posición del muro. El posicionamiento de la enfierradura en la zona deberá contemplar un recubrimiento de hormigón suficiente para asegurar la durabilidad y/o utilizar sistemas de impermeabilización al interior de la cantería para proteger el ingreso de agentes agresivos al interior de la fisura, los que deberán ser elásticos para que la fisura se mantenga con movimiento y funcione adecuadamente. La indicación de uso de canterías y de su procedimiento de sellado deberá ser establecido en la etapa de licitación para que el costo de ejecutar dichos elementos sea incluido en la propuesta.</p>
---	---

III. ACTUACIÓN CON PROCEDIMIENTO PROPIO EN LA CONSTRUCCIÓN

III.1 La empresa contratista que cuente con un procedimiento estandarizado de construcción distinto a lo indicado en las Especificaciones Técnicas de la obra, y que asegure el cumplimiento del estándar de fisuración especificado, podrá utilizarlo siempre y cuando demuestre la efectividad de dicho procedimiento mediante ejemplos de uso en obras anteriores y sea aceptado por el mandante, su representante, arquitecto o ingeniero estructural del proyecto.

III.2 Para ello, deberá entregar por escrito un método de evaluación de su procedimiento antes del inicio de la faena, indicando los puntos que serán controlados durante la ejecución, incluyendo a lo menos los chequeos y registros de resultados a la calidad y características del hormigón, el método de fabricación y transporte, la colocación, compactación y curado del hormigón.

III.3 El cumplimiento del Estándar de Fisuración no libera al contratista de su responsabilidad en los efectos que pueda causar en la funcionalidad o en la durabilidad de la estructura, si le corresponde corregir o reparar.

IV ACTUACIÓN SIN PROCEDIMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN

IV.1 Si la empresa no cuenta con un procedimiento para cumplir con el Estándar de Fisuración Especificado, deberá seguir fielmente las Especificaciones Técnicas y los planos de diseño e incluir en su proceso constructivo las normas citadas para el proyecto. Además podrá incluir para su proceso constructivo las recomendaciones de un especialista.

IV.2 El contratista podrá elaborar un resumen del

C.IV.1.1 Entre las referencias normalmente utilizadas para la construcción con hormigón están la norma NCh 170. "Hormigón – Requisitos Generales" y Manuales de Recomendación de Construcción del ACI u otros, como publicaciones ICH.

C.IV.1.2 El contratista deberá usar un hormigón con características de calidad compatibles con los requisitos necesarios para lograr el estándar de



COMITÉ DE FISURACIÓN DEL HORMIGÓN

ET 001-05

Especificación Técnica: "Fisuras No-Estructurales en Muros de Hormigón Armado"

Fecha aprobación: Agosto, 2005

<p>procedimiento de ejecución y controles solicitados por el proyectista, para asegurar que sus instrucciones han sido bien interpretadas.</p> <p>IV.3 El cumplimiento del Estándar de Fisuración no libera al contratista de su responsabilidad en los efectos que pueda causar en la funcionalidad o en la durabilidad de la estructura, si le corresponde corregir o reparar.</p>	<p>fisuración especificado para el elemento.</p> <p>C.IV.1.3 La empresa deberá aplicar las recomendaciones y procedimientos de ejecución acorde al estado del arte de la construcción.</p> <p>C.IV.1.4 Dado que se debe cumplir con el estándar de fisuración del proyecto, es importante contar con la asesoría de un especialista.</p>
--	--

INSTITUTO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN DE CHILE

Josue Smith Solar 360, Providencia • Fono: (56-2) 2726 0300 • Santiago Chile • E-mail: ichmail@ich.cl

www.ich.cl



COMITÉ DE FISURACIÓN DEL HORMIGÓN

ET 001-05

Especificación Técnica: "Fisuras No-Estructurales en Muros de Hormigón Armado"
Fecha aprobación: Agosto, 2005

PAGINA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

INSTITUTO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN DE CHILE

Josue Smith Solar 360, Providencia • Fono: (56-2) 2726 0300 • Santiago Chile • E-mail: ichmail@ich.cl

www.ich.cl



COMITÉ DE FISURACIÓN DEL HORMIGÓN

DTE 001-05: "Fisuras No-Estructurales en Muros de Hormigón Armado"

DOCUMENTO TÉCNICO DE ESPECIFICACIÓN

DTE 001-05: FISURAS NO ESTRUCTURALES EN MUROS DE HORMIGON ARMADO

**Documento Preparado por:
Comité de Fisuración del Hormigón
ICH**

Santiago, Agosto de 2005

INDICE

1.- Alcance

2.- Introducción

3.- Situaciones de fisuración del hormigón en obras

4.- Fisuración No Estructural en Muros de Hormigón Armado

4.1.- Causas

4.2.- Patrón de Fisuración en elementos de Hormigón Armado

4.3.- Valores de Fisuración Recomendados en la Literatura

5.- Especificación Técnica

5.1.- Requisitos de Fisuración Aceptable

5.2.- Estándar de Fisuración

5.3.- Medición del Estándar

5.4.- Criterios de Evaluación

6.- Sistemas de Manejo y Reparación de Fisuras

6.1.- Soluciones en etapa de diseño

6.2.- Consideraciones adicionales

6.3.- Recomendaciones de Métodos de Reparación y Productos

7.- Consideraciones para la Obtención del Estándar de Fisuración en la Construcción

7.1.- Actuación con procedimiento propio

7.2.- Actuación sin procedimiento propio

8.- Bibliografía Recomendada

9.- Anexos

1.- ALCANCE

Este Documento Técnico de Especificación (DTE) contiene información que respalda la Especificación Técnica ET 001-05: "Fisuras No Estructurales en Muros de Hormigón Armado".

Las definiciones de términos y criterios más importantes que se utilizan en este DTE ya han sido presentadas en la Especificación Técnica, por lo que en este documento son adoptados.

A lo largo de este documento se ha utilizado exclusivamente la palabra "fisura" para referirse a este comportamiento del hormigón, indistintamente de la palabra "grieta". No se encontró en la bibliografía una diferenciación clara para referirse a fisuras y a grietas.

2.- INTRODUCCIÓN

La aparición de fisuras en el hormigón se produce debido a su baja capacidad para resistir esfuerzos de tracción, los cuales se producen en los elementos como consecuencia de deformaciones, desplazamientos, cargas externas e internas y otros efectos asociados que producen tensiones en el hormigón y que motivan que su resistencia a tracción sea superada, con la consecuente fractura.

La fisuración que puede aparecer en el hormigón, ha sido clasificada como Estructural y No-Estructural según las causas que la motivaron, sin perjuicio de que el efecto de cualquiera de los 2 tipos de fisura pudiera tener una implicación estructural posterior. La fisuración estructural ocurre como consecuencia del actuar de cargas externas al material, tales como sobrecargas, asentamiento diferencial o esfuerzos dinámicos ajenos a un comportamiento normal del elemento. Las fisuras no estructurales han sido definidas como aquellas que ocurren en el hormigón sin una influencia estructural, que afecte la resistencia o la integridad de la estructura y que son consecuencia del comportamiento de deformación normal del hormigón, producido por retracción hidráulica y/o térmica.

El presente documento y la Especificación Técnica de Fisuras No Estructurales en Muros de Hormigón Armado solo abordan fisuras producidas por causas no estructurales en el hormigón armado. El objetivo de este DTE es entregar información complementaria a dicha especificación técnica necesaria para respaldar los acuerdos propuestos por el grupo de profesionales que preparó y revisó el documento y aplicar correctamente los conceptos de fisuración aceptable en muros de hormigón armado que ahí se establecen. La información aportada y los valores propuestos han sido avalados por antecedentes de fisuración recogidos en terreno.

3.- SITUACIONES DE FISURACIÓN DEL HORMIGÓN EN OBRAS

La fisuración del hormigón es una condición normal de este material que se produce porque su deformación como consecuencia de secado y cambios térmicos tiene restringida su capacidad de movimiento por condiciones internas del material o elementos adyacentes al elemento que se fisura.

Este comportamiento del hormigón, que no tiene efecto estructural, conlleva a situaciones de obra en las cuales la aparición de fisuras produce una apreciación negativa de las características de calidad, durabilidad y serviciabilidad de la estructura, pero en la mayoría de los casos ninguna de estas 3 condiciones se ve afectada por tal tipo de fisuración pasando principalmente por ser sólo un problema estético.

Por este motivo, el Comité de Fisuración del Hormigón ha considerado importante especificar valores aceptables de fisuración en muros para definir las condiciones en las cuales éstas no afectan la capacidad estructural y que puedan ser utilizados como referencia de fisuración típica en el proceso de concepción, diseño y construcción de una obra de hormigón armado. Esta información puede servir como una guía para definir lo esperable dado el proyecto, el diseño y la metodología de construcción que serán utilizados.

Conocer la fisuración esperada en un proyecto en particular, puede orientar al mandante, al arquitecto o al representante de éste en el proyecto, para definir si el resultado es el requerido y decidir si es lo que necesita o espera para su proyecto o para cumplir las expectativas para la obra. Si no está de acuerdo, podrá solicitar el resultado que realmente necesita para que se

tomen las acciones necesarias, a conocimiento y aceptación del mandante o su representante, para que la fisuración sea controlada y/o disminuida según lo exijan las condiciones de servicio de la obra.

La idea de esta Especificación Técnica es que el mandante conozca el resultado que tendrá de su proyecto antes de la construcción, definiéndolo por parámetros objetivos que podrán ser chequeados al final de la ejecución y que garantizarán al usuario que los resultados cumplen con lo solicitado.

4.- FISURACIÓN NO ESTRUCTURAL EN MUROS DE HORMIGÓN ARMADO

4.1.- Causas

Entre las causas que pueden producir fisuras no-estructurales en muros de hormigón armado, se encuentran las deformaciones propias del hormigón atribuibles a:

- Retracción plástica, que produce fisuras cuando el hormigón está en estado fresco;
- Efectos térmicos; que produce fisuras o mantiene a las ya producidas en movimiento permanente por diferenciales de temperatura, y
- Retracción hidráulica, que puede generar deformaciones y fisurar al hormigón endurecido hasta varios años después de colocado.

Cualquier otro tipo de fisuración que se considere de procedencia diferente a las causas indicadas, se ha considerado su origen en causas estructurales y por lo tanto, no son cubiertas por la especificación técnica "Fisuras No-Estructurales en Muros de Hormigón Armado". Este otro tipo de fisuración deberá ser evaluado por el ingeniero estructural responsable de la obra.

Para definir si la fisuración en un muro no tiene influencia estructural y es causada por las deformaciones del hormigón del origen indicado, en las secciones II.1 y II.2 de la Especificación

Técnica ET 001-05 se han definido requisitos de comportamiento que deben cumplir las fisuras, relativas a orientación y ancho, para ser categorizadas como no-estructurales.

4.2.- Patrón de Fisuración en elementos de Hormigón Armado

La manifestación de la fisuración en un muro de hormigón armado se ha definido por medio del patrón de fisuración, caracterizado por la cantidad de fisuras en el elemento, su orientación, ancho y espaciamiento. El patrón de fisuración de un determinado muro de hormigón armado dependerá, entre otros factores, de la magnitud de las deformaciones que el hormigón experimente, de su elongabilidad (capacidad de estiramiento antes de la rotura) y de las restricciones que tenga al movimiento libre. Entre estas últimas variables se pueden distinguir restricciones internas, tales como deformación diferencial en hormigones masivos y enfierradura del elemento, y externas tales como muros perpendiculares o losas y el roce con la fundación o el terreno en muros de subterráneos o de contención.

Además de las restricciones, el patrón de fisuración puede estar influenciado por los procedimientos constructivos que se utilicen, tales como la duración del proceso de curado, el momento de desmolde, la velocidad de la construcción y el largo de cada etapa de hormigonado entre juntas, así como por las características propias del hormigón colocado, tal como su resistencia, la clase y grado del cemento y la forma de desarrollo de deformaciones que experimente el hormigón en el tiempo.

Por otro lado, la enfierradura juega un rol importante en el control de la fisuración por cuanto es capaz de restringir la deformación del hormigón y disminuir el espesor de las fisuras que aparezcan en el elemento.

4.3.- Valores de Fisuración Recomendados en la Literatura

De acuerdo a la literatura existente acerca de la fisuración del hormigón, existen razones válidas tanto del tipo estético, de durabilidad y de serviciabilidad para limitar la fisuración que se

presente en un muro. Los valores que se proponen como máximos varían entre las distintas recomendaciones, según el criterio que se utilice para limitar dicho valor.

En general, estas recomendaciones solo especifican el valor de ancho máximo y no un criterio de separación entre fisuras. Como resumen a continuación se presentan los valores propuestos por diferentes recomendaciones que se han considerado de interés.

Tabla 1: Resumen de valores de ancho máximo aceptable recomendado por diferentes publicaciones

CRITERIOS	PUBLICACIÓN (País)									
	TR 22 (UK)		ACI 224 (EEUU)		DURAR (España)		Neville (EEUU)		Beeby (ACI, EEUU)	
	Condición	Valor recomend.	Condición	Valor recomend.	Condición	Valor recomend.	Condición	Valor recomend.	Condición	Valor recomend.
Estética		0,3	---	---	---	---	---	---	---	(* ₁)
Serviciabilidad	Estanqueidad (* ₂)	0,2	Estanqueidad (* ₂)	0,1	Corrosión	0,4	---	---	---	---
Durabilidad		0,2	Aire seco	0,4	---	---	Cond. Normal	0,25	---	0,3
		---	Aire húmedo	0,3	---	---	Muros inter.	0,35	---	---
		---	Químicos	0,2	---	---	Amb. agresivos	0,15	---	---
		---	Ciclos M-S	0,15	---	---	---	---	---	---

(*₁) En tal publicación se indica que si el criterio para limitar la fisuración es solo estético, se pueden aceptar valores mayores a 0,3 mm

(*₂) Los requisitos de estanqueidad de estructuras no son considerados en la Especificación Técnica ET 001-05 y solo se incluyen en este resumen a título informativo

Considerando los valores que se están obteniendo en la práctica, los cuales han sido discutidos por el comité a partir de la experiencia de terreno de sus miembros y de un estudio de fisuración de muro de hormigón armado en obras reales, se ha concluido que los valores propuestos en las recomendaciones de la Tabla 1 son generalmente sobrepasados en la práctica. En muchos de los casos comentados por el comité, se definió que normalmente la recomendación final es la reparación del elemento fisurado, pero los problemas de conflictos, retrasos de obras y aumento de costos por detenciones y evaluación, generalmente fueron más graves que la influencia de la fisuración sobre el muro propiamente tal.

5.- ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

La especificación técnica "Fisuras No Estructurales en Muros de Hormigón Armado" ha sido preparada de manera de caracterizar el patrón de fisuración de un muro, y establecer valores

máximos aceptables que permitan una evaluación objetiva en el caso de ocurrir fisuración en el elemento.

Para realizar esta caracterización se ha definido el Estándar de Fisuración que relaciona el patrón de fisuración en un muro asociándolo a parámetros objetivos que puedan ser especificados.

5.1.- Requisitos de Fisuración Aceptable

La fisuración aceptable en un muro será definida según el estándar de fisuración especificado, el cual deberá ser claramente indicado en el proyecto. El requerimiento del estándar de fisuración podrá ser solicitado ya sea por condiciones estéticas, de serviciabilidad o durabilidad de la estructura, lo cual deberá ser indicado por el mandante y evaluado por la ingeniería estructural del proyecto.

El estándar de fisuración especificado de acuerdo al diseño deberá ser claramente indicado en los planos y especificaciones técnicas del proyecto, incluyendo además cualquier otra información importante respecto al manejo de la fisuración que se considere necesaria para cumplir con tal estándar, tales como canterías, cuantías por sobre las mínimas o la utilización de sistemas de recubrimiento o de reparación en el elemento terminado.

Para identificar la fisuración no estructural, en la Especificación Técnica se ha definido una serie de requisitos que deberán ser cumplidos por el patrón de fisuración que se obtenga. Si la fisuración presentada no cumple los requisitos de fisuración no estructural deberá ser evaluada por el ingeniero estructural responsable del proyecto quien deberá proponer la solución que permita asegurar la estructura ante deficiencias de estabilidad estructural y de durabilidad.

Los requisitos definidos en la Especificación Técnica para el estándar de fisuración normal, que son propuestos por el comité, se obtuvieron a partir de una medición de fisuras realizado en obras reales, consideradas como bien diseñadas y construidas y que en todos los casos la

fisuración registrada fue definida como no estructural. Un resumen de los resultados obtenidos se presenta a continuación:

Tabla 1. Resumen de valores de ancho máximo en las obras revisadas

OBRA	Nº de muros con ancho máximo (mm):								Total
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
1	0	1	1	0	3	0	0	0	5
2	0	1	1	3	0	0	0	0	5
3	0	1	4	0	1	0	0	0	6
4	1	1	1	3	8	0	0	2	16
5	0	8	6	0	0	1	0	0	15
6	0	1	0	0	1	0	0	0	2
7	0	0	1	0	3	0	0	0	4
8	0	1	1	8	3	0	0	0	13
9	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Total	1	14	15	14	19	1	0	4	68
%	1,5%	20,6%	22,1%	20,6%	27,9%	1,5%	0,0%	5,9%	100,0%
% acum	1,5%	22,1%	44,1%	64,7%	92,6%	94,1%	94,1%	100,0%	

Tabla 2: Resumen de valores de razón de ancho registrados en las diferentes obras analizadas

OBRA	Nº de muros con razón de ancho máximo igual a (mm/m):								Total
	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	
1	0	1	4	0	0	0	0	0	5
2	3	1	0	2	1	0	0	0	7
3	0	0	0	1	1	1	1	0	4
4	1	1	0	2	6	1	2	3	16
5	0	1	6	3	2	1	2	0	15
6	0	2	0	0	0	0	0	0	2
7	0	0	1	0	2	0	1	0	4
8	6	3	3	1	0	0	0	0	13
9	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Total	12	9	14	9	12	3	6	3	68
%	17,6%	13,2%	20,6%	13,2%	17,6%	4,4%	8,8%	4,4%	
% acum	17,6%	30,9%	51,5%	64,7%	82,4%	86,8%	95,6%	100,0%	

Para conocer algunos patrones de fisuración no estructural en muros de hormigón armado, anexo a este documento se incluyen algunos esquemas de fisuras obtenidos en obras. Las obras incluidas son comunes, sin especificaciones especiales de diseño o construcción, y los

hormigones y procesos constructivos usados en su construcción son los típicamente utilizados en Chile por empresas de prestigio. Se considera que estos patrones podrían en alguna medida representar el comportamiento típico de fisuración en muros de hormigón armado bajo condiciones similares.

Al considerar un diseño y/o especificaciones técnicas especiales para cumplir con el estándar de fisuración especificado, los antecedentes que podrían ser necesarios para hacer una evaluación de fisuración en la etapa de diseño podrían ser:

- Antecedentes climáticos o ubicación geográfica, por el Mandante - Arquitectura - Ingeniería de Diseño. En caso de no ser indicado en la especificación se podrá utilizar la información climática entregada en NCh 1079 Of77, Tabla N°3.
- Antecedentes del hormigón a utilizar, que de ser posible utilizar información de desarrollo de temperatura, estimaciones de retracción hidráulica y creep, de resistencia a la tracción y extensibilidad, a partir de modelos adecuados a la realidad del material que se va a evaluar. En caso de contar con información real acerca de estas características del hormigón que se pretende usar, se privilegiará esta información por sobre la modelación.
- Evaluación del diseño arquitectónico y la influencia en la fisuración de la posición de los distintos elementos.
- Antecedentes de procedimientos y materiales de reparación que se utilizarán en el elemento en caso de que se fisure, los que deberán ser claramente indicados respecto a su ejecución y calidad en las especificaciones técnicas del proyecto.

5.2.- Estándar de Fisuración

Para caracterizar la fisuración máxima que se permite en un muro, se han definido 3 parámetros que permiten asociar el patrón de fisuración al momento de una evaluación con el estándar de fisuración especificado para el proyecto. Los valores máximos exigidos para fisuración no

estructural en muros de hormigón armado son indicados en el estándar de fisuración especificado descritos en la sección II de la Especificación Técnica ET 001-05. Los parámetros que se han considerado son los siguientes:

- a) Cumplimiento de la definición de fisura no estructural dada en la Especificación Técnica, indicados en sección II.1, de la ET 001-05.
- b) Valor del ancho máximo de cada fisura (expresada en mm), indicado en la sección II.2, y
- c) Valor de la razón máxima entre la suma del ancho de todas las fisuras existentes en una línea horizontal a una altura determinada del muro y el largo del muro (expresada en mm/m).

En la Especificación Técnica de fisuración de muros, los valores entregados para el estándar de fisuración especificado han sido definidos como la fisuración máxima que puede ser aceptada en un muro, para que sea considerada como de origen no estructural y que no tendrá implicancias sobre el comportamiento de la estructura. Para cualquier proyecto puede ser exigido el estándar de fisuración propuesto en la ET 001-05, sin perjuicio de que las condiciones de terminación del elemento exijan que tales fisuras no deben existir en el muro terminado. Este estándar de fisuración ha sido definido como el que se obtiene actualmente en los proyectos, considerando las condiciones de diseño típicas que se utilizan en el país, basadas en ACI 318 y utilizando procedimientos y materiales disponibles en el mercado local y que en la construcción es realizada por empresas de prestigio y experiencia.

El mandante, su representante, diseñador o arquitecto podrán definir el estándar de fisuración especificado requerido para el proyecto, de acuerdo a la utilización que tendrá la estructura en servicio. El estándar de fisuración deberá estar basado ya sea en consideraciones de serviciabilidad, durabilidad o por aspectos estéticos del elemento, teniendo en cuenta que la situación más desfavorable podría controlar el diseño.

El comité ha considerado importante indicar siempre el estándar de fisuración esperado que producirá un diseño particular. El procedimiento para la definición de un estándar de fisuración

especificado para fisuración no estructural en muros de Hormigón Armado deberá seguir el siguiente orden:

- 1.- Mandante - Arquitecto - Ingeniería de Diseño, quienes deberán basarse en la utilización que se le dará a la estructura para definir el estándar de fisuración requerido.
- 2.- Arquitectura, que según la calidad de terminación definida podrá, en coordinación con la ingeniería estructural, determinar la ubicación de canterías o cortes de hormigonado a efectuar en el elemento, para inducir las fisuras en lugares estéticamente aceptables o poco visibles.
- 3.- Diseño Estructural, que deberá orientar el diseño para cumplir con los requerimientos de utilización en servicio de la estructura y hacia la obtención del estándar de fisuración especificado definido por Mandante - Arquitecto - Ingeniería de Diseño.
- 4.- Construcción, que deberá revisar los datos del proyecto para analizar la factibilidad de cumplimiento de los requerimientos de fisuración. Deberá coordinar sus métodos constructivos con los requerimientos y actuar en conjunto con arquitectura e inspección para lograr los resultados esperados. Además, podrá indicar sus apreciaciones acerca de las falencias o deficiencias de las especificaciones que no le permitan ejecutar un proyecto adecuado para cumplir con el estándar de fisuración esperado.

Toda coordinación o detalle que deba ser establecido para asegurar un buen resultado deberá ser claramente especificado en los planos del proyecto de manera de asegurar que serán vistos, leídos y entendidos por cualquier profesional que participe en la construcción.

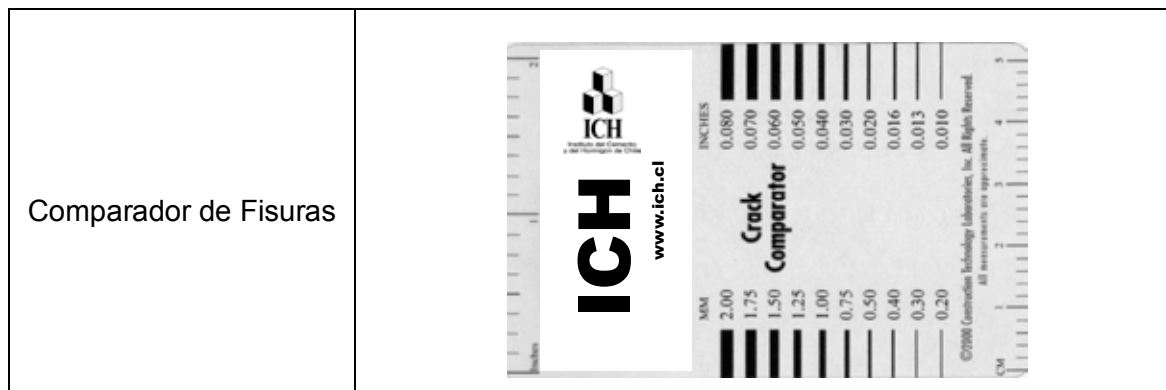
Por su parte, la empresa contratista encargada de la construcción deberá cumplir las exigencias del proyecto para obtener el estándar de fisuración especificado. Los resultados deberán ser revisados, evaluados y aprobados por el mandante y/o su representante.

5.3.- Medición del Estándar y Criterios de Evaluación

Para determinar la fisuración que presenta un muro a determinada edad, se deberá registrar el patrón de fisuración del muro y con ello calcular los parámetros que definen el estándar de fisuración real para compararlo con el especificado. En cualquier momento de efectuar alguna determinación del estándar de fisuración de un muro, éste deberá cumplir con los valores máximos permitidos según el estándar de fisuración especificado que el mandante aceptó para su obra en servicio.

La medición se realizará utilizando un instrumento apropiado para este fin y se deberá indicar la edad del hormigón al momento del registro. Algunos sistemas conocidos no destructivos para la medición de fisuras son los siguientes:

Figura 1: Sistema de medición de anchos de fisuras



<p>Microscopio de comparación con limbo graduado</p>	
<p>Dispositivo calibrado de monitoreo de fisuras</p>	

Cualquiera sea el instrumento a utilizar en la medición, el procedimiento para caracterizar el patrón de fisuración que presenta el muro será el siguiente:

1. Verificar que todas las fisuras existentes cumplan la definición de no estructural definida en la Especificación Técnica ET 001-05.
2. Registrar los anchos máximos de cada fisura existente en el elemento evaluado, no debiendo ser estos valores superiores a los anchos máximos especificados. Se deberá indicar claramente en el registro la fecha de medición y la edad desde colocado el hormigón.
3. Para la verificación del espaciamiento y deformación resultante se determinará la razón de ancho promedio, lo cual se realizará definiendo una línea recta horizontal en la altura en la cual los anchos de las fisuras parezcan ser mayores. En esta línea se medirán los anchos de

todas las fisuras existentes, las cuales se sumarán y se dividirán por el largo del elemento para obtener la razón de ancho promedio.

4. En el caso de haberse especificado condiciones especiales de construcción para el estándar de fisuración se verificará la correcta ejecución de estos procedimientos, los que podrían ser entre otros, la utilización de canterías y/o juntas, y cualquier otra innovación que se haya requerido para contar con un control efectivo de la fisuración en el elemento.
5. En el registro se deberá indicar fecha de colocación del hormigón, fecha de medición tiempo y sistema de curado utilizado.

En el caso de que el estándar de fisuración obtenido no cumpla con los rangos establecidos en la Especificación de Fisuración No-Estructural de Muros de Hormigón Armado, se deberá verificar que éste incluya solamente fisuras del tipo no-estructural. Esta verificación deberá ser realizada por el ingeniero estructural responsable del proyecto para analizar si las fisuras comprometen la integridad de la estructura. En esta evaluación se deberá incluir las posibles causas del no cumplimiento del estándar de fisuración especificado, información que podrá ser útil en futuros diseños.

6.- SISTEMAS DE MANEJO Y REPARACIÓN DE FISURAS

La fisuración en un elemento de hormigón puede ser manejada ya sea en una etapa conceptual del proyecto, por medio del diseño, de la arquitectura, o de la construcción, o simplemente pueden ser reparadas una vez que aparezcan con un procedimiento que asegure que se van a cumplir los criterios de funcionalidad del elemento que hayan sido definidos para éste.

Cualquiera sea la solución a adoptar se debe tener presente que ésta será parte del estándar de fisuración, y por lo tanto se deben asociar los costos de lograrlo al resultado que se requiera.

6.1.- Recomendaciones para el control de la fisuración y el cumplimiento del Estándar de Fisuración Especificado en Etapa de Diseño

Algunas recomendaciones que el comité ha definido para manejar el patrón de fisuración que ocurra en un muro son las siguientes:

- Diseño arquitectónico, en que, mediante el uso de juntas y canterías, se puede inducir la aparición de fisuras en lugares poco visibles o incorporarlas estéticamente al elemento.
- Diseño estructural, mediante la utilización de cuantías de enfierradura superiores a las mínimas requeridas para la estructura, definidas por ejemplo según ACI 318, y colocadas en la dirección de las tensiones de tracción, el uso de enfierradura especial exclusiva para el control del agrietamiento (armadura de piel), y/o la definición de juntas de dilatación, ubicadas en zonas adecuadas de la obra.
- Material utilizado, especificando hormigones en los cuales se pueda disminuir la deformación por retracción hidráulica, y/o aumentar la extensibilidad posible antes de la rotura.
- Del proceso constructivo, utilizando juntas de construcción en lugares apropiados y suficientemente cercanos para inducir la fisura de manera controlada y/o actuando en la secuencia de hormigonado, en el proceso de curado del hormigón y/o en el control de gradiente térmico a temprana edad.

6.2.- Consideraciones adicionales

- **Construcción de canterías:** En el caso de haberse definido la utilización de canterías por la arquitectura o ingeniería de diseño del proyecto, la empresa responsable de la construcción y/o el ingeniero estructural responsable del proyecto deberá(n) proponer un mecanismo que asegure la disminución de la sección de muro en el plano de las canterías en al menos 1/3 del espesor de la sección en obra gruesa, procedimiento que deberá ser aprobado por el ingeniero estructural responsable del proyecto. Este mecanismo podrá consistir en el empleo de malla o utilizando material desmoldante en la primera cara hormigonada, ambos con

el fin de evitar adherencia entre el hormigón colocado a ambos lados del corte y asegurar el control de la fisura. También se pueden utilizar tablillas colocadas en el lugar donde se ubicará la cantería y entre las mallas del muro.

- Sistemas de recubrimiento sobre fisuras: Si el elemento va a ser recubierto como parte de su terminación, las fisuras existentes podrán recubrirse con sistemas que de preferencia aseguren su desaparición de la superficie para reducir eficientemente su efecto estético y el impacto que producen al usuario.

Para lograr lo anterior, en la Especificación Técnica se sugiere considerar la reparación de las fisuras de acuerdo al recubrimiento de terminación del muro, usando sistemas apropiados que sean capaces de coexistir con la deformación para ocultar las fisuras existentes o las nuevas fisuras que podrían aparecer después de la puesta en servicio del elemento.

Entre los sistemas existentes se encuentran pinturas elásticas, papeles murales y estucos especiales que sean capaces de no reflejar las fisuras hacia la superficie. Se debe tener presente que la utilización de estos sistemas deberá ser especificados como parte de la terminación del elemento y, por lo tanto, los costos de construcción deberán incluir la utilización de estos productos especiales.

En todo caso, de no ser especificado un sistema especial de recubrimiento, se podrán utilizar los sistemas típicamente usados en la terminación de muros, teniendo en cuenta que estos sistemas no aseguran que las fisuras vayan a ser ocultadas permanentemente, mucho menos cuando la fisura se encuentra aún en movimiento.

6.3.- Recomendaciones de Métodos de Reparación y Productos

Es importante, que el estándar de fisuración especificado de un muro sea cumplido para satisfacer los requerimientos del mandante. Por ello, es necesario que se aseguren los criterios definidos de uso del elemento, de estética, serviciabilidad y/o durabilidad, sea que el elemento

cumpla o no con el patrón de diseño definido, y por lo tanto, se deberán efectuar las reparaciones que sean requeridas en el elemento para cumplir con tales requisitos.

Por esta razón el comité ha propuesto recomendaciones mínimas que podrían ser incluidas en una especificación de tratamiento de la fisuración, para asegurar el cumplimiento de los criterios de estética, serviciabilidad y/o durabilidad para el estándar de fisuración normal.

Los criterios básicos RECOMENDADOS para establecer los procedimientos de tratamiento de fisuras que existan como consecuencia de exclusivamente fisuración no estructural, según se define en la ET 001-05, al aplicar un revestimiento sobre ellas podrán ser los siguientes:

- a) El momento para efectuar reparaciones y repintado podría ser a una fecha definida, por ejemplo al año de la entrega, tiempo prudente para una estabilización de las deformaciones y con ello evitar que reparaciones tempranas lleven a producir nuevas fisuras.
- b) En muros pintados, no se debe aceptar fisuras visibles ni marcas en la superficie. Para ello, el tratamiento sobre las fisuras existentes bajo la pintura deberá ser tal que no permita que se reflejen sobre la superficie terminada. Para terminación pintada o con cerámica, su reparación deberá realizarse lo más cerca posible de la entrega del elemento, para dar tiempo al hormigón a estabilizar la deformación y disminuir la posibilidad de aparición de fisuras posteriores a la entrega. El contratista deberá proponer la forma de realizar esta operación y las características del producto a utilizar.
- c) En los casos de que el revestimiento sea cerámica u otros materiales rígidos y se aplique sobre muros fisurados podría realizarse un tratamiento con un adhesivo elástico sobre la zona fisurada, que evite la reflexión de la fisura en el revestimiento colocado. Si se refleja una grieta en la cerámica se deberá reemplazar éstas en la zona dañada.
- d) En muros a ser terminados con papel mural, sólo se podrían reparar las fisuras que se considere presentarán movimiento y que cerrarán el espesor de la fisura, para evitar que el papel se arrugue en esa zona. En caso, de que se prevea que no habrá tendencia a la

disminución del espesor de la fisura, el adhesivo podrá tener elasticidad suficiente para que no permite que el papel se desprenda en la zona de la fisura, si ésta continúa abriéndose.

- e) En muros de hormigón a la vista, el mandante, su representante o arquitecto, deberán definir que se hace en este caso. Normalmente la calidad de la terminación de hormigón a la vista se ve afectada cuando se reparan las fisuras existentes, Por ello se deberá evaluar, la alternativa más adecuada para la reparación de las fisuras que satisfaga los requerimientos del proyecto. Cuando se requiera terminación de hormigón a la vista deberá necesariamente considerarse el estándar de fisuración en la etapa de diseño, y las acciones necesarias que permitan el control de la fisuración deberán ser especificadas en los planos y Especificaciones Técnicas respectivas.
- f) En muros a ser estucados, podrán no ser reparadas las fisuras al momento de la colocación del estuco. Sin embargo, las fisuras que aparezcan posteriormente deberán repararse siguiendo las recomendaciones dadas para los distintos revestimientos que se encuentren sobre el estuco, según se indica en los otros puntos de esta recomendación.
- g) En ambientes agresivos o costeros con posibilidad de ataque de cloruros, se debieran reparar con sistema elástico las fisuras con ancho mayor que 0,3 mm para evitar una corrosión acelerada de las armaduras.

Estos criterios básicos de reparación para condiciones de fisuración se entrega para que en los casos donde la decisión de reparar no sea por condiciones estructurales, se oriente a la mejor solución de reparación, según los anchos de fisuras y el revestimiento superficial que tendrá el elemento.

Estos criterios pueden ser usados para determinar costos asociados a reparación que deberá considerar la constructora, según el tipo de revestimiento que le exija el proyecto o que deberá asumir en el caso de obtener un estándar de fisuración real con fisuras más anchas que las especificadas.

Se sugiere que en proyectos donde exista un manual de la vivienda o en el contrato mismo se indique que la empresa contratista podrá efectuar tratamientos a fisuras en fechas posteriores a la entrega y/o recepción de la obra, en caso de hacerse visibles en la terminación del elemento.

7.- Consideraciones para la Obtención del Estándar de Fisuración en la Construcción del Elemento

La Especificación Técnica que se propone en este nuevo sistema tiene la particularidad de especificar los requisitos al elemento terminado más que indicar el procedimiento que será utilizado para obtenerlo. Este sistema permite a las empresas contratistas utilizar su experiencia en los resultados que han obtenido anteriormente y en la tecnología que disponen o que están dispuesta a adquirir para lograr los resultados propuestos. Por esta razón, la Especificación Técnica ha especificado requerimientos mínimos que deben aportar las empresas que sean capaces de utilizar procedimientos propios para que estos puedan ser aceptados en la ejecución de los proyectos.

7.1.- Actuación con procedimiento propio de construcción

Las empresas que cuenten con procedimientos constructivos propios de trabajo y que permitan según sus prácticas y conocimiento lograr el estándar de fisuración especificado para el proyecto podrán proponerlos para ser utilizados en la construcción. Dado que se pretende lograr que las empresas constructoras introduzcan tecnologías y adopten procedimientos propios para realizar los trabajos que los lleven a un mejor resultado, y a una competencia con mayores oportunidades, no se solicita que el procedimiento o innovación deba ser entregado.

Sin embargo, se exigirá para asegurar la adecuada calidad de la obra que la empresa entregue por escrito una metodología de evaluación de los parámetros que serán controlados por la ITO durante la ejecución de la construcción.

Entre los aspectos a controlar del procedimiento constructivo propuesto, se sugiere incluir puntos de control que permitan contar con un adecuado respaldo acerca de las particularidades de los materiales utilizados en la construcción:

- Características de los materiales utilizados, tales como por ejemplo en el hormigón los parámetros de calidad del hormigón, asentamiento de cono, control de la resistencia, etc. Características de la temperatura del hormigón al momento de colocarlo, forma de vibrado del hormigón que se utilizará, manejo de juntas, longitudes máximas de hormigonado, metodología de realización del curado, protección del hormigón fresco al congelamiento en zonas muy frías, y protección térmica para evitar gradientes térmicos, etc.
- Parámetros de calidad de los productos de terminación y reparación, tales como características de pinturas, estucos y revestimientos, características de los productos de reparación de fisuras, etcétera.

Independiente del procedimiento constructivo que utilice la empresa contratista y del método de evaluación que ésta presente, se deberá respetar estrictamente los planos y especificaciones de diseño, durante toda la ejecución de la construcción.

7.2.- Actuación sin procedimiento propio de construcción

En el caso en que la empresa constructora no cuente con procedimientos propios de ejecución que aseguren el cumplimiento del estándar de fisuración especificado, la construcción deberá guiarse exclusivamente por las especificaciones técnicas del proyecto para evitar conflictos por no-cumplimiento de éstas. El comité consideró que las recomendaciones actuales de construcción y la normativa vigente permitirían asegurar por lo menos el cumplimiento del estándar de fisuración normal. Por esta razón se han incluido en la Especificación Técnica indicaciones respecto a la utilización de las exigencias mínimas de NCh 170, las recomendaciones de construcción de ACI y de la literatura especializada.

Para asegurar que las instrucciones de ejecución entregadas por el proyectista hayan sido bien interpretadas, se sugiere que el contratista elabore un resumen del procedimiento de ejecución, indicando las características de los materiales que va a usar, los controles y chequeos que serán realizados, así como también cualquier detalle que deba ser considerado.

Para asegurar el cumplimiento de los requisitos especificados para el proyecto, se debiera considerar la posible participación de un especialista que asesore al contratista.

8. Bibliografía Recomendada

ACI 209 R-92 "Prediction of Creep, Shrinkage, and Temperature Effects in Concrete Structures", American Concrete Institute, 1992

ACI 224 R-90 "Control of Cracking in Concrete Structures", American Concrete Institute, 1990

Banda, M. y Ruiz, C. "Influencia del Diseño en la Fisuración de Muros de Hormigón Armado", Memoria de Titulación Ingeniería Civil en Obras Civiles, Universidad de Santiago de Chile, 2003.

ICH "Archivos: Registros de fisuras en Obras Varias de Edificación Nacional", Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2004.

Concrete Society, Technical Report N°22 "Non-Structural Cracks in Concrete", 3rd Edition, 1992

Joisel, A. "Fisuras y grietas en morteros y hormigones" Editores Técnicos Asociados, Barcelona, 1965.

Neville A.M. "Properties of Concrete; Chapter 19, Elasticity, Creep and Shrinkage" Fourth Edition, John Wiley and Sons, 1996.

Videla, C. y Hughes, B. "Análisis Teórico del Agrietamiento Térmico y por Retracción Hidráulica a Temprana Edad en Hormigón Armado", Apuntes de Ingeniería 19 (1985) pp. 19-55.



COMITÉ DE FISURACIÓN DEL HORMIGÓN

DTE 001-05: "Fisuras No-Estructurales en Muros de Hormigón Armado"

Videla, C. "Agrietamiento térmico del hormigón: sus causas, predicción y prevención", Revista de ingeniería de Construcción, N° 1, Agosto 1986, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Videla C., Covarrubias J.P., Masana C., "Calibración de Modelos de Predicción de la Retracción Hidráulica a Hormigones Fabricados con Cementos Chilenos". Pontificia Universidad Católica de Chile, Revista de Ingeniería de Construcción, Volumen 16 – N°1, Enero – Junio 2001, pp. 4 –16.

Videla C., Covarrubias J.P., Masana C. Updating concrete drying-shrinkage prediction models for local materials. ACI Materials Journal, vol. 101, N° 3, pp. 187-198, 2004.

INSTITUTO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN DE CHILE

Josue Smith Solar 360, Providencia • Fono: (56-2) 2726 0300 • Santiago Chile • E-mail: ichmail@ich.cl

www.ich.cl