

GUÍA DE ESPECIFICACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE FISURAS EN EL CONCRETO

.....

VERSIÓN 2019

OFICINA PRINCIPAL: Parque Industrial Gran Sabana, M3 - M7, Tocancipá.

PBX: (1) 869 87 87 • WWW.TOXEMENT.COM.CO

OFICINAS NACIONALES: • Medellín: (4) 604 02 07. • Cali: (2) 485 01 67. • Barranquilla: (5) 385 02 10 / 382 05 22. • Bucaramanga: (7) 697 02 01. • Cartagena: (5) 693 01 85.



Síguenos en redes sociales



**EUCLID GROUP
TOXEMENT**

Desde hace muchos años, uno de los principales problemas en la construcción en concreto son las grietas y fisuras. Si bien, las grietas suelen presentarse debido a diferentes causas, el principio fundamental de muchas de estas es principalmente la baja capacidad del hormigón a resistir esfuerzos a la tensión o tracción.

Las grietas visibles, pueden ocurrir cuando se sobrepasa el límite de resistencia a la tensión que puede generar el material y adicionalmente, este tipo de fisuras se relacionan frecuentemente con un fácil acceso de sustancias y soluciones de carácter agresivo, que pueden ingresar en la matriz del hormigón, sus componentes estructurales e incluso al acero de refuerzo trayendo consigo graves problemas relacionados con el deterioro de la estructura (*Abou-Zeid, Mohamed, David W. Fowler, Edward G. Nawy, & John H. Allen, 2001*).

Adicionalmente, es de vital importancia comprender de manera acertada el desarrollo de una fisura ya sea en pavimentos rígidos o en una estructura, pues aunque en muchos casos estas pueden ser simplemente superficiales y afectar en baja magnitud la condición de una construcción; en ciertas ocasiones, se pueden presentar fisuras generadas por métodos constructivos inadecuados, reacciones químicas perjudiciales, o cambios volumétricos y térmicos sustanciales, que traen como consecuencia fallas de tipo estructural que pueden poner en riesgo la integridad del elemento de análisis o la estructura en su totalidad.

1. PRINCIPALES CAUSAS DE LA FISURACIÓN EN CONCRETO.

Comprender el origen de las fisuras que se presentan en una estructura de concreto, es imprescindible a la hora de determinar el método de reparación adecuado, por ello, a continuación, se exponen algunas de las principales causas de diferentes tipos de fisuras, su forma de manifestación y su clasificación. Adicionalmente, se presenta una esquematización de mapeo de diferentes tipos de fisuras en una estructura que permite entender más fácilmente su origen y relación ya sea con las condiciones ambientales o con los métodos constructivos de la estructura en hormigón.

En la figura presentada a continuación, se puede observar una forma general de clasificación de los diferentes tipos de fisuras, en donde es posible distinguir principalmente las formas en que estas se manifiestan ya sea en el estado fresco o endurecido del hormigón.



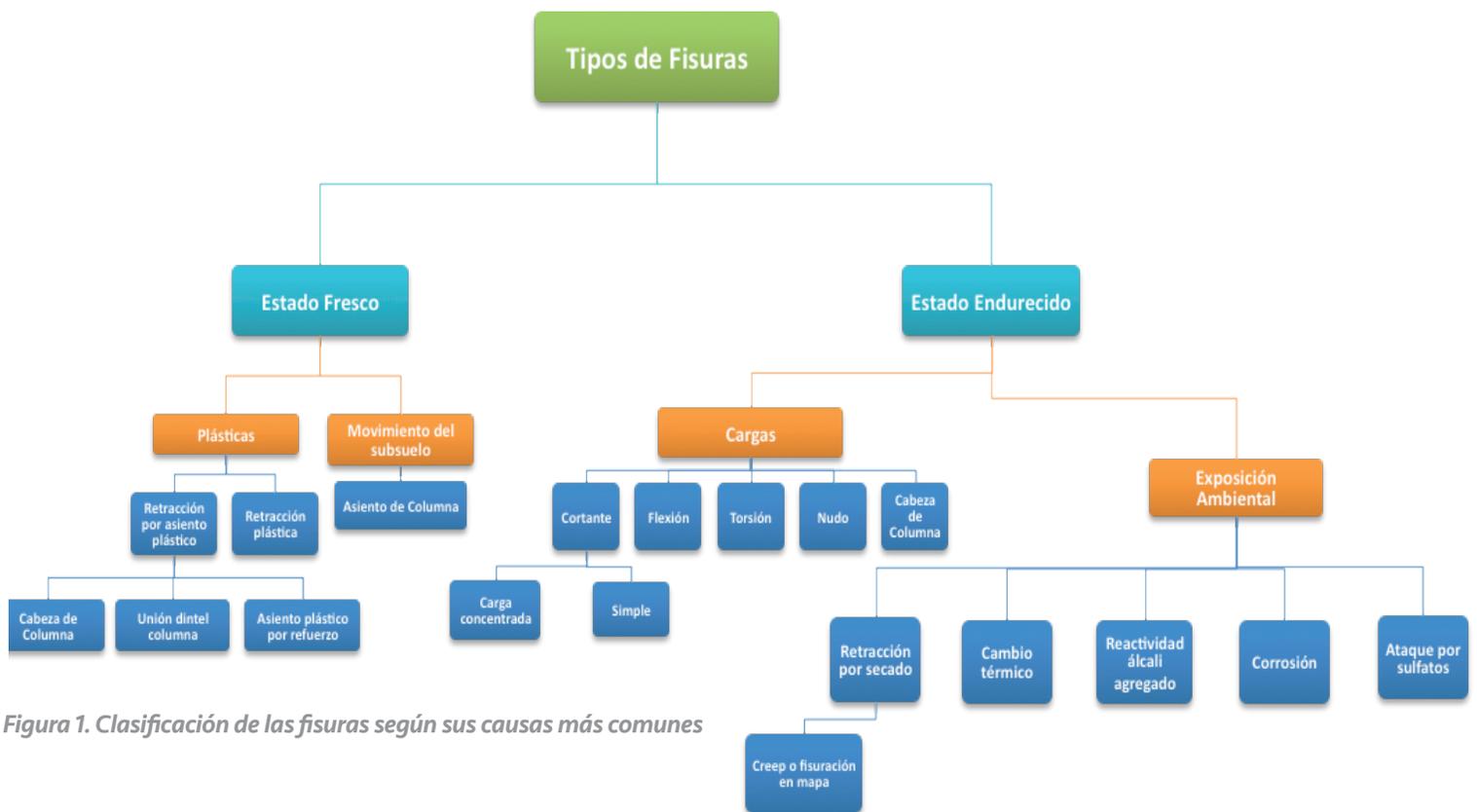


Figura 1. Clasificación de las fisuras según sus causas más comunes

FISURACIÓN EN EL ESTADO FRESCO

Fisuración plástica

Dado que el concreto se contrae en la medida que el agua presente en la mezcla reacciona químicamente con los materiales cementantes después de iniciado el proceso de fraguado y la ganancia de resistencias, los elementos de concreto sufren normalmente contracciones que generan fisuras de manera severa. A continuación, se muestran los casos más frecuentes debidos a este tipo de fisuración.

Retracción plástica

Este tipo de fisuras, suele presentarse con anchos apreciables en las grietas entre 0,2 mm y 0,4 mm son de escasa profundidad y generalmente se dan a las seis horas de haber vertido el concreto sobre el elemento de interés.

Generalmente tienen direcciones que coinciden de manera predominante con las zonas donde se encuentra la menor cantidad de armadura de refuerzo y además coinciden con la dirección en la que el viento se mueve durante la puesta en obra. Por otro lado, suelen depender de variaciones en el espesor del elemento de concreto.



Representación típica de fisuración por retracción plástica

Fuente: "visual-inspection-of-concrete-structure @ www.engineeringcivil.com," n.d.

Principales causas

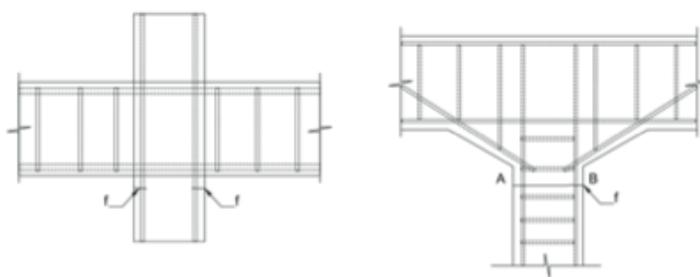
Entre las causas de mayor importancia se tienen la evaporación rápida del agua de la superficie, la velocidad lenta de exudación, relaciones agua cemento altas, exceso de finos en la arena, empleo de cementos o retardantes inadecuados, mal curado o temperaturas ambientales o del viento demasiado agresivas (FOPAE, 2011).

Fisuración por asiento

Ocurre luego de la colocación inicia, vibrado y acabado en el momento en que el concreto tiende a continuar consolidándose por sí mismo. En este momento el hormigón puede estar restringido por las armaduras o los encofrados provocando vacíos y fisuras adyacentes a los elementos de interés. Este efecto también se encuentra ampliamente relacionado con la segregación del concreto (Halvorsen et al., 1993).

Dentro de este tipo de agrietamiento se encuentran el asiento de columna, el cual sucede a un nivel ligeramente inferior al del estribo de la cabeza de columna y son de un ancho apreciable (entre 0,2 mm a 0,4mm), con poca profundidad y aparecen antes de tres horas de vertido el concreto.

Para el caso de las fisuras de este tipo en la unión dintel columna se tiene un ancho apreciable entre 0,15 y 0,3mm y siguen normalmente las armaduras principales o los estribos.



Representación de fisuración por asiento en cabeza de columna y unión dintel columna Fuente: FOPAE, 2011.

Principales causas:

Exceso de exudación, fundido a altas temperaturas de ambiente y viento, relaciones agua cemento excesivas, cemento inadecuado o mal diseño de la mezcla de concreto.

Movimiento del subsuelo

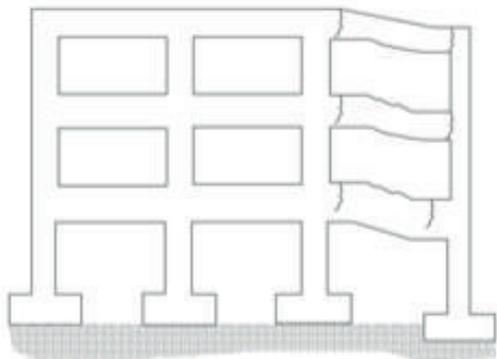
Normalmente, el suelo o las bases de un pavimento rígido existen movimiento debidos a las cargas. Dicho movimiento hace que el apoyo de una estructura sea susceptible a sufrir asentamientos a medida que el edificio o construcción se va cargando completamente. Adicionalmente, los cambios en la humedad del suelo y otros factores relacionados con el subsuelo generan un movimiento que puede ocasionar daños importantes tanto en elementos estructurales como en los no estructurales.

Las fisuras presentadas por este movimiento son de ancho variable, tienen dirección vertical o de poca inclinación y aparecen en la cara inferior de la viga junto a la columna que se asienta y en la superior a la que permanece a nivel.

Principales causas

Cambio súbito en el nivel freático del suelo, cambios significativos en el comportamiento mecánico de las subbases y asiento de columnas de esquinas en una estructura.

En general, la forma en la que son representadas este tipo de fisuras se muestra a continuación.



Representación de fisuración por asiento de columna o movimiento del subsuelo Fuente: FOPAE, 2011.

FISURACIÓN EN EL ESTADO ENDURECIDO

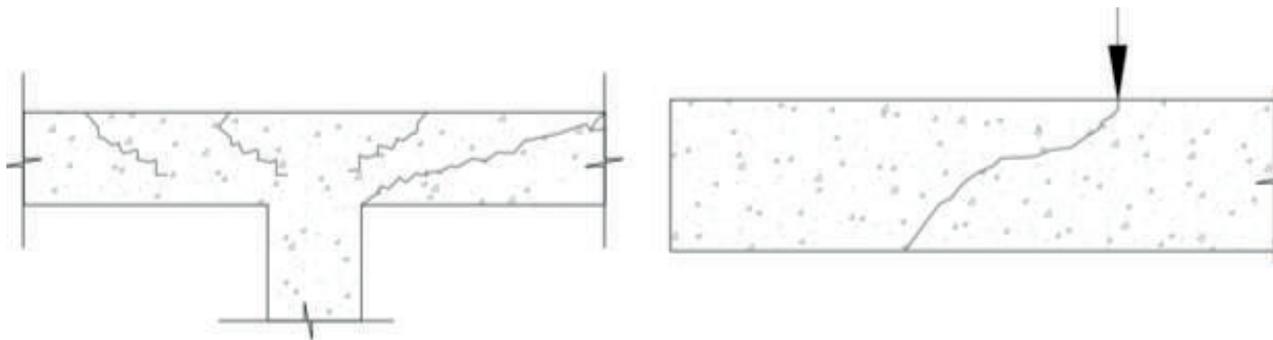
Fisuración por cargas

Normalmente, el hormigón puede fallar por aspectos relacionados con el diseño estructural y fatiga de los materiales bajo cargas mecánicas repetidas. Como consecuencia del anterior efecto, se genera un deterioro progresivo entre los enlaces, los agregados gruesos, la matriz del concreto e incluso el acero de refuerzo. Esto genera en ocasiones fisuras que pueden ser de mayor magnitud y se encuentran localizadas puntualmente dependiendo del tipo de esfuerzo realizado sobre el elemento de hormigón.

Cortantes

Generalmente son fisuras que poseen un ancho variable y se presentan en gran cantidad, se pueden cerrar al llegar a la cabeza comprimida y cuando se incrementa la carga, el número de fisuras presentes en el elemento de hormigón crecen hasta un punto en donde no se aumentan en número si no que solamente crecen en espesor, este efecto es conocido como la fisuración estabilizada.

Por su parte, las fisuras de cortante simple tienen un aspecto inclinado (directriz de 45°) y luego se curvan dirigiéndose hacia la carga concentrada.



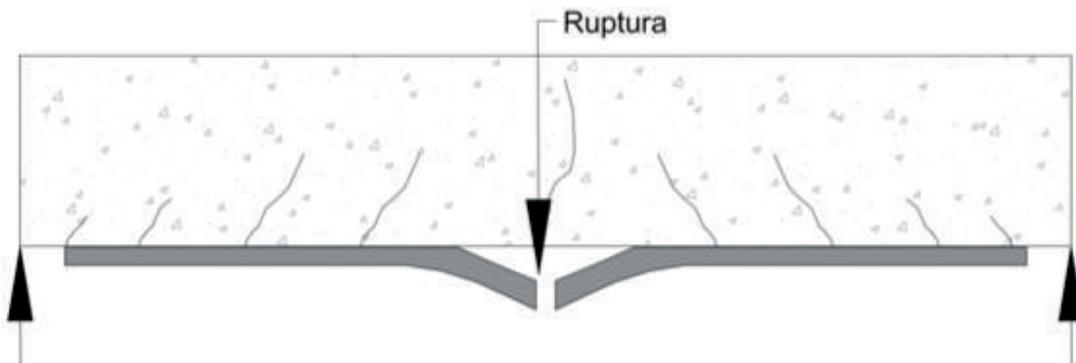
Representación de fisuración por cargas cortante flexión y cortante de carga concentrada Fuente: FOPAE, 2011

Principales causas

Este tipo de fisuras generalmente se presentan dada la excesiva tracción diagonal en el concreto y por un alto grado de esfuerzo cortante. Se presentan en zonas del hormigón, donde hay acción de los momentos flectores y se manifiestan en la mayoría de los casos, como una combinación de flexión y corte en formas de grieta con anchos variables sobre la armadura del elemento.

Flexión

En la mayor parte de las vigas reforzadas de concreto, existe la posibilidad de este tipo de fisuración, dado el alto grado de carga a flexión que sufre el elemento en su tiempo de servicio y las condiciones de diseño estructural en términos de colocación del acero de refuerzo estructural (EngineeringIntro, 2012).



Representación de fisuración por esfuerzos a flexión Fuente: EngineeringIntro, 2012.

Torsión

Las fisuras de torsión, suelen ser de tipo helicoidal y tienen un ancho que generalmente es muy pequeño, siendo incluso menores a 0,1 mm. Son causadas por errores en el dimensionamiento de una sección del nervio al borde del elemento o por una disposición inadecuada de las armaduras sobre la columna. Pocas veces se deben a la baja resistencia del hormigón empleado en el elemento (FOPAE, 2011).

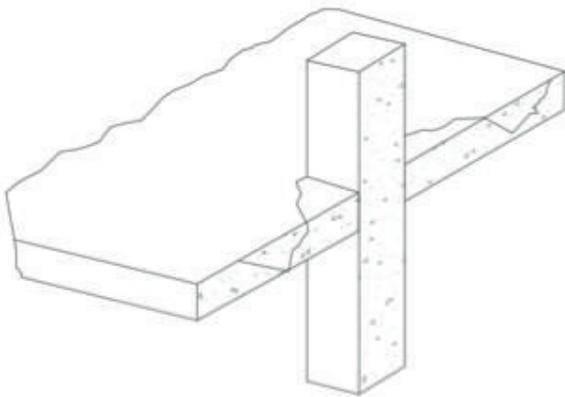
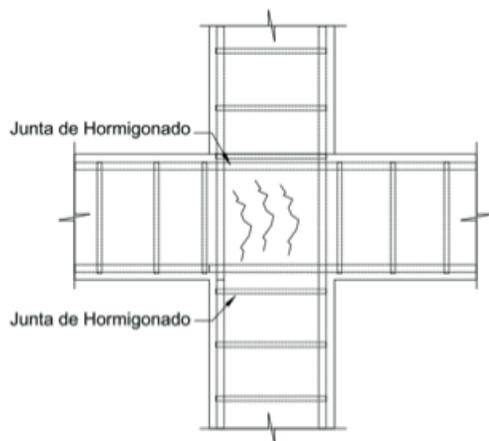


Figura 7. Representación de fisuración por efectos de torsión Fuente: FOPAE, 2011.

Fisuración de nudo

Esta tipología de fisuración, es similar a la que se presenta cuando existe un agotamiento de la resistencia del hormigón. Se presenta adicionalmente en concretos con estado de humedad normal o alto (siendo de tipo vertical en forma de rasguños) o en concretos muy secos (siendo en forma diagonal y menos frecuente).

Suelen presentarse varias a la vez de forma paralela y no suelen superponerse a las armaduras del elemento.



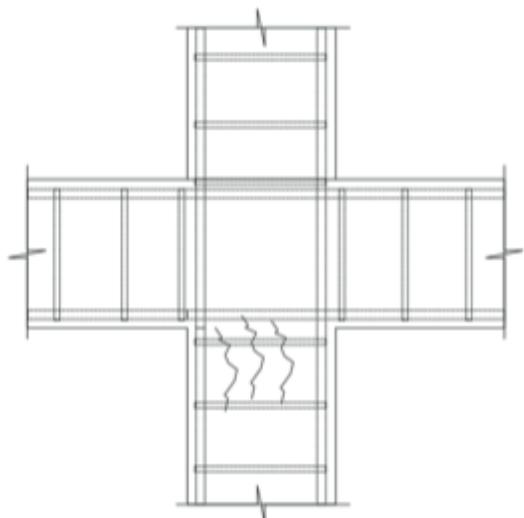
Representación de fisuración en nudos ente columnas y vigas
Fuente: FOPAE, 2011.

Principales causas

Se pueden tener este tipo de fisuras en estructuras donde la resistencia especificada del concreto en las columnas es mucho más alta que en la de las vigas y entrepisos.

Fisuración en cabeza de columna

Este tipo de fisuración es similar a lo expuesto en el apartado anterior, con la diferencia de que la principal causa de estas grietas es la ausencia de estribos en la columna en determinadas zonas. Adicionalmente, se da cuando se presentan deslizamientos de estribos que se encuentran juntos en la zona interior a las fisuras.



Representación de fisuración en cabeza de columna
Fuente: FOPAE, 2011.

Fisuración por exposición al medio ambiente

Dado que el medio ambiente puede traer consigo efectos termodinámicos y fisicoquímicos que pueden alterar considerablemente las propiedades del hormigón y de la armadura de refuerzo, a continuación se esquematizan los casos más comunes de fisuración ocasionados por estas variaciones.

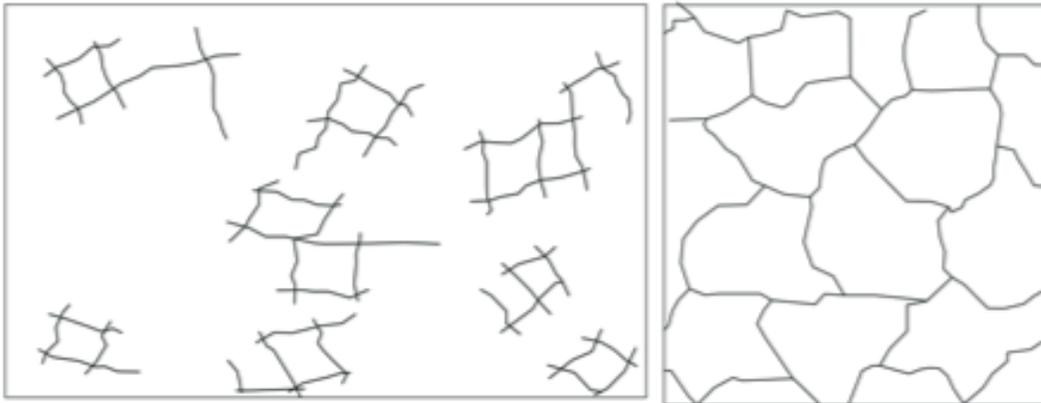
Retracción por secado y fisuración de mapeo

La retracción hidráulica o por secado, se presenta en forma de fisuras de ancho pequeño entre 0,05 y 0,2 mm, suelen aparecer algunas semanas después del endurecimiento del concreto y generalmente este tipo de fisuración suele generar el mismo efecto visual de la piel de cocodrilo.

Por su parte, el mapeo suele presentarse también por cambios térmicos entre la fachada de la estructura y el concreto de algún elemento, los cambios en la temperatura de interfase y la transferencia de masa del agua del concreto hacia otros materiales como la mampostería, genera la aparición de roturas múltiples en el acabado de las fachadas (Instituto Valenciano de la edificación, 2001).

Principales causas

Retracciones higrotérmicas en el acabado y retracción hidráulica en el mortero utilizado debido al mal curado en la ejecución (para las fisuras de mapeo). Exceso de finos, cantidades de cementante mínimas insuficientes y curado escaso (para el caso de la retracción hidráulica).



Representación de fisuración por contracción hidráulica o secado y fisuración por mapeo. Fuente: FOPAE, 2011.

Contracción por cambio térmico

La contracción por cambio térmico, es un efecto fisicoquímico sobre el concreto, el cual genera grietas de ancho apreciable entre 0,15 y 0,3 mm que aparecen generalmente entre un día y una semana después de haber vertido el concreto sobre el elemento.

Principales causas

Enfriamiento demasiado rápido, temperaturas altas debidas a la lenta disipación del calor de hidratación y uso de cementos inadecuados.



Representación de fisuración por retracción térmica Fuente: FOPAE, 2011.

Reactividad álcali agregado

Se presentan debido a la reacción de los álcalis del cemento con el material tipo silíceo amorfo de los agregados en condiciones de humedad. Se genera una fisuración en forma de malla o estrella y a veces se presentan exudaciones blancas de gel o calcita.

Pueden presentarse deformaciones notables en la superficie, la expulsión de los granos reactivos sobre la estructura y se puede presentar normalmente a 5 años de edad después de haber iniciado la estructura.



Figura 12. Representación de fisuración por RAA Fuente: FOPAE, 2011.

Ataque de sulfatos

Se presenta en forma de fisuras distribuidas de forma aleatoria sobre la superficie del hormigón y frecuentemente aparecen deposiciones blancas en los bordes de las fisuras generadas.



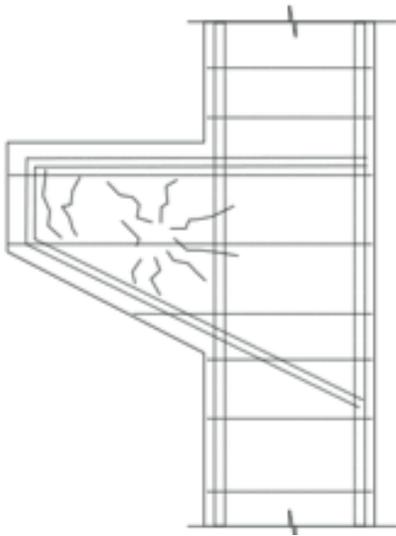
Figura 13. Representación de fisuración por ataque de sulfatos Fuente: FOPAE, 2011.

Principales causas

Se generan dada la reacción ion sulfato y los principales componentes del cemento tipo aluminato y cálcico.

Corrosión de las armaduras de hormigón

Se presenta en forma de fisuras diversas y dispuestas en zonas donde la densidad de la armadura superficial es alta, su ancho suele variar entre diferentes valores y puede llegar a ser mayor a 1 mm.



*Representación de fisuración por corrosión del acero de refuerzo
Fuente: FOPAE, 2011.*

Principales Causas

La principal causa de este tipo de fisuras es la corrosión del acero de refuerzo ya sea por escasez de recubrimientos adecuados o por una mala protección del hormigón. Adicionalmente se forma óxido, el cual es responsable de generación de altas presiones osmóticas que generan estallidos en la estructura.

2. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS FISURAS EN EL CONCRETO

Antes de reparar las fisuras del hormigón, es importante identificar primero su ubicación y extensión. Se debería determinar si las fisuras observadas indican problemas estructurales actuales o futuros, considerando las condiciones actuales y las condiciones de carga anticipadas a largo plazo.

Antes de especificar las reparaciones es necesario establecer las causas de la fisuración. Se deberían revisar los planos, especificaciones y registros de construcción y mantenimiento.

Si estos documentos, junto con las observaciones recogidas in situ, no proporcionan la información necesaria, antes de proceder con las reparaciones se debería efectuar una investigación in situ y un análisis estructural completo. *ACI 224.1R-93 – Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón.*

Para hacer una completa evaluación de las fisuras existentes en una estructura de concreto es necesario determinar las siguientes características de las fisuras:

1. Ubicación de las fisuras: hacer un levantamiento en planta y/o en corte, donde se señale la ubicación, longitud, forma y dirección de las fisuras a evaluar.

2. Medición del ancho de las fisuras: para medir el ancho de las fisuras se puede utilizar:

- Comparador: pequeño microscopio de mano con una escala en el lente más próximo a la superficie observada.



Microscopio comparador de fisuras.

- Tarjeta de comparación: tarjeta transparente con líneas claramente marcadas, cada una de ellas de un ancho especificado.



Tarjeta de comparación de fisuras

Movimiento de la fisura: es imprescindible determinar que comportamiento está teniendo una fisura:

- **Fisura activa** (con movimiento), es decir cuando varía cualquiera de sus dimensiones (longitud, ancho o profundidad).
- **Fisura pasiva** (sin movimiento) cuando se ha estabilizado y no se produce ningún cambio en sus dimensiones.

El movimiento de las fisuras se puede monitorear mediante el uso de:

- **Testigos de yeso:** Sencillos y económicos de colocar, aunque en exteriores pueden no funcionar de manera adecuada. Consiste en una o varias tiras de yeso de aproximadamente 10 x 4 x 1,5 cm que se colocan transversalmente a la fisura. El soporte debe haber sido limpiado previamente para facilitar la adherencia del testigo.

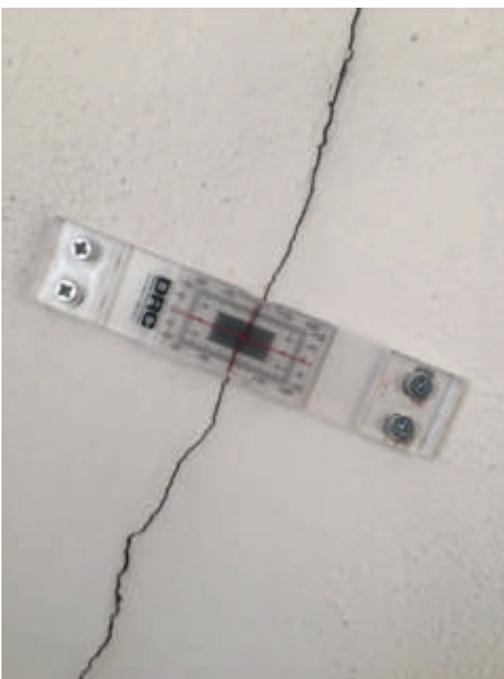
Debido a su rigidez, con movimientos muy pequeños del soporte, el yeso rompe.

Es necesario realizar un registro de los testigos colocados indicando la situación y fecha de colocación donde se prevea también la periodicidad de la revisión. Debido a su simplicidad, tan sólo nos permiten conocer si existen o no desplazamientos, pero no estimar su magnitud o velocidad.



Testigo de yeso instalado en fisura

- **Fisurómetro de regleta:** Aunque son menos económicos que los de yeso, son adecuados para exteriores y permiten llevar un seguimiento de la evolución de la fisura. Consiste en una regla compuesta por dos piezas de plástico que se sujetan a los lados de la fisura. Lleva incorporada una escala graduada con una precisión que puede oscilar entre 0,5 y 0,1 mm, por lo que es posible establecer una evolución de las fisuras en el tiempo.



Fisuramiento de regleta

Una vez colocados los testigos deben ser revisados periódicamente. Es habitual hacerlo a los 7, 14, 30, 60 y 90 días. Si al cabo de este tiempo no hay indicios de que se hay producido ningún movimiento se entenderá que las fisuras están inactivas y se podrá proceder a su reparación. En caso contrario se deberá estudiar la causa que produce este movimiento y dar solución a su origen.

Otros métodos para la detección de fisuras son los ensayos destructivos y no destructivos:

Ensayos no destructivos: Se realizan para determinar la presencia de fisuras y vacíos internos y la profundidad de penetración de las fisuras visibles en la superficie.

- **Golpear la superficie con un martillo o usar una cadena de arrastre:** son técnicas sencillas que permiten identificar la fisuración laminar próxima a la superficie. Un sonido hueco indica la presencia de una o más fisuras debajo de la superficie y paralelas a la misma.

- **Uso de pacometro:** detector de armadura metálica para localizar barras de refuerzo en el concreto armado, se pueden conseguir de diversos tipos desde la mera indicación de la presencia de acero hasta aquellos que se pueden calibrar y le permiten al usuario experimentado una mejor determinación de la profundidad y el tamaño de las barras de armadura.



Pacometro

- **Uso de Ultrasonido:** con personal adecuadamente capacitado y una correcta evaluación es posible detectar fisuras usando equipos de ensayo ultrasónicos no destructivos (ASTM C 597). Un pulso mecánico es transmitido a una cara del elemento de concreto y es recibido en la otra. El tiempo que tarda el pulso en atravesar el elemento se mide electrónicamente. Si se conoce la distancia entre los transductores de transmisión y recepción se puede calcular la velocidad del pulso. Si varía la velocidad del pulso o no llega ninguna señal al transductor, esto significa que hay una discontinuidad interna importante, como una fisura o vacío.



Equipo de ultrasonido

- **Radiografías:** se usan para detectar las discontinuidades internas. Existen equipos de rayos X y de rayos gama. Los procedimientos son más adecuados para detectar planos de fisuración paralelos a la dirección de la radiación; resulta difícil discernir planos de fisuración perpendiculares a la radiación. Los equipos de rayos gama son menos costosos y relativamente más portátiles que los equipos de rayos X, y por lo tanto parecen adaptarse mejor a los ensayos in situ.

Ensayos destructivos:

- **Toma de núcleos:** consiste en la extracción de una muestra de concreto de la estructura por medio de una broca cilíndrica hueca en cuyo extremo van engastados cristales de diamante y que por abrasión desgasta el material circundante. Una vez obtenido el cilindro de concreto, es posible medir con precisión la profundidad y el ancho de las fisuras.



Tomo de núcleos para verificar profundidad de fisuras

- **Petrografía:** con la toma de núcleos también es posible hacer un análisis petrográfico del concreto fisurado permitiendo identificar las causas materiales de la fisuración, tales como reactividades alcalinas, daño por ciclos de congelamiento, fisuración de borde, presencia de partículas de agregado expansivas, daños relacionados con incendios, retracción y contracción. La petrografía también permite identificar otros factores que pueden estar relacionados con la fisuración, tales como la relación agua-cemento, el volumen relativo de pasta y la distribución de los componentes del hormigón. A menudo la petrografía sirve para determinar la edad relativa de las fisuras e identificar depósitos secundarios en superficies de fractura, los cuales afectan los programas de reparación.

Revisión de planos y datos constructivos

Se debería revisar el diseño estructural y la disposición de las armaduras originales, u otros planos que permitan confirmar que el espesor y la calidad del hormigón, junto con las armaduras existentes, satisface o supera los requisitos de resistencia y serviciabilidad indicados en él, o los códigos de edificación aplicables. Se debería prestar particular atención a la revisión detallada de las cargas actuales y su comparación con las cargas de diseño.

3. MÉTODOS DE REPARACIÓN DE FISURAS

Una vez hecha la evaluación de la estructura se debe seleccionar un procedimiento de reparación adecuado de acuerdo a la causa y a la naturaleza de las fisuras. Un patólogo o Ingeniero estructural es quien hace este diagnóstico, formulando recomendaciones para dar un adecuado tratamiento. En la mayoría de los casos es necesario primero solucionar la situación que está generando la fisuración, antes de darle un tratamiento a la fisura en sí misma. A continuación presentamos los métodos de reparación de fisuras más comunes:

3.1. Inyección de resina epóxica

Una Inyección epóxica es un procedimiento que tiene por objetivo convertir en monolítico un elemento de concreto que se ha fracturado, restituyendo así su integridad estructural y su resistencia a la penetración de humedad. Para que una inyección epóxica sea exitosa la causa del daño deberá evaluarse y corregirse, entendiéndose el objetivo de la reparación. Si la grieta está sujeta a movimiento subsecuente, es posible que no sea aplicable la reparación por medio de resina epóxica.

El procedimiento de inyección variará en función de la aplicación y localización de las grietas, además las grietas horizontales, verticales o “sobre-cabeza” requieren algunos enfoques de aplicación diferentes. El enfoque que se utilice debe considerar también la accesibilidad a la superficie agrietada y el tamaño de la grieta.

Para efectuar el procedimiento de inyección la estructura debe:

- Conservar su geometría
- El acero de refuerzo debe conservar sus características.

El procedimiento descrito a continuación es de acuerdo a lo descrito en el bolet N1 de RAP del ACI: reparación de grietas estructurales por inyección de resinas epóxicas por Brian F. Keane. Informe del comité E7 06 de ACI.

3.1.1. Preparación de la superficie.

Limpie el área de la superficie de aproximadamente 13 mm (1/2 pulg.) de ancho a cada lado de la grieta. Esto se realiza para asegurar que los materiales que se utilicen para sellar la parte superior de la grieta (sellado final) se adhieran adecuadamente al concreto. Se recomienda usar cepillos de alambre ya que los esmeriladores mecánicos pueden provocar que polvo indeseable penetre en la grieta. También pueden eliminarse contaminantes usando agua a alta presión, aire comprimido “sin aceite”, o aspiradoras eléctricas.

Cuando utilice agua para limpiar la grieta, sople aire caliente o comprimido sin aceite, en la grieta para acelerar el secado y asegurar que material particulado no quede dentro de la grieta.

Cuando las superficies de concreto, adyacentes a la grieta, están deterioradas, ranure la grieta en “V” hasta que se encuentre concreto sano. Las ranuras en “V” pueden usarse también cuando las altas presiones de inyección requieren un sellado final más resistente.

3.1.2 Selección del material de inyección.

La viscosidad apropiada de la resina epóxica dependerá del tamaño de la grieta, espesor de la sección de concreto y del acceso para la inyección. Para las grietas con espesores de 0.3 mm (0.010 pulg.) o menores, utilice una resina epóxica de baja viscosidad (500 cps o menos). Para grietas más anchas, o donde el acceso a la inyección se limita a un solo lado, el uso de un material con una viscosidad media a viscosidad de gel, puede ser más adecuado.

La especificación de la ASTM C881, “Standard Specification for Epoxy Resin Base Bonding Systems for Concrete,” identifica los criterios básicos para la selección del grado y clase de las resinas a usar (vea Tabla 1).

Tabla 1 – Requisitos del estándar ASTM C881 para las resinas epóxicas que se utilizan para la adhesión de concreto endurecido a concreto endurecido

	Tipo I*	Tipo IV †
Viscosidad, Pa·s (centipoises)		
Grado 1 (viscosidad baja), máxima	2.0 (2000)	2.0 (2000)
Grado 2 (viscosidad media), mínima	2.0 (2000)	2.0 (2000)
Máxima	10 (10,000)	10 (10,000)
Consistencia, mm (pulg.)		
Grado 3 (sin escurrimiento), máxima	6.0 (¼)	6.0 (¼)
Tiempo de gelificación, minutos	30	30
Resistencia a la adhesión, mínimo, MPa (psi)		
2 días, curado en húmedo‡	7.0 (1000)	7.0 (1000)
14 días, curado en húmedo	10.0 (1500)	10.0 (1500)
Absorción, 24 horas máximo, %	1	1
Temperatura de deflexión por calor, °C (°F)		
7 días mínimo	—	50 (120)
Coeficiente lineal de retracción		
Al curar, máximo	0.005	0.005
Resistencia a la fluencia bajo compresión, MPa (psi)		
7 días mínimo	55.0 (8000)	70.0 (10,000)
Módulo de compresión, mínimo	1000 (150,000)	1400 (200,000)
Resistencia a la tensión, 7 días mínimo	35.0 (5000)	50.0 (7000)
Elongación a la ruptura, mínimo, %	1	1

*Tipo I: para usarse en aplicaciones que no están bajo carga.

†Tipo IV: para usarse en aplicaciones que soportan carga.

Fuente: ASTM C881, Standard Specification for Epoxy Resin Base Bonding Systems for Concrete.

‡Los sistemas curados por humedad deben someterse a prueba, ensamblando las secciones que se van a adherir antes de sumergirlas en agua.



Para secciones de concreto mayores de 305 mm (12 pulg.), se puede necesitar un tiempo de aplicación mayor con una viscosidad menor, conforme la grieta disminuye de tamaño.

Además de los criterios utilizados en la Tabla 1 para la selección de la resina epóxica, también deberán considerarse las siguientes características del producto:

- Módulo de elasticidad (rigidez).
- Tiempo de trabajabilidad de la mezcla epóxica.
- Tolerancia a la humedad.
- Color.
- Resistencias a la compresión, flexión y tensión.

3.1.3. Proceso de instalación

Instalación De Los Puertos De Entrada:

Instale los puertos de entrada únicamente después de haber preparado la superficie en forma adecuada. Existen dos tipos de puertos de entrada disponibles para el proceso de inyección:

- Montado en la superficie.
- Montado en la boquilla.

Instalación de los puertos de entrada

Los puertos de entrada pueden ser cualquier dispositivo similar a un tubo que permite la transferencia efectiva de la resina epóxica bajo presión en la grieta.

El espaciamiento entre los puertos es típicamente de 200 mm (8 pulg.) de centro a centro, con un espaciamiento mayor para grietas más anchas.

El espaciamiento de los puertos puede también depender del espesor del elemento de concreto.

Los puertos de entrada montados en la superficie son normalmente adecuados para la mayoría de las grietas, pero los puertos montados en boquillas se utilizan cuando las grietas están bloqueadas, como es el caso del concreto calcificado. Los puertos de entrada pueden también conectarse por un sistema múltiple cuando la inyección simultánea de múltiples puertos representa una ventaja.

Instalación del sello externo o material confinador

Si se instaló en forma adecuada, el sello externo retendrá la resina epóxica conforme se inyecta bajo presión dentro de la grieta. Cuando las grietas penetran a través de una sección, los sellos externos trabajan mejor cuando se instalan a ambos lados del elemento agrietado, asegurando la contención de la resina epóxica. Los sellos externos se han instalado exitosamente usando resinas epóxicas, poliésteres, ceras de parafina y selladores de silicón. Para la selección del material del sello externo, deberán considerarse los siguientes criterios, sujetos al tipo de grieta por reparar:

- Consistencia sin escurrimiento (para elementos verticales o “sobre-cabeza”);
- Tolerancia a la humedad;
- Tiempo de trabajabilidad de la mezcla epóxica;
- Rigidez (módulo de elasticidad).



Instalación del sello externo o material confinador

Cambios en la temperatura del concreto después de la instalación del sello externo, pero antes de la inyección, pueden causar que el sello externo se agriete. Si esto sucede, el sello externo debe repararse antes de inyectar la resina epóxica.

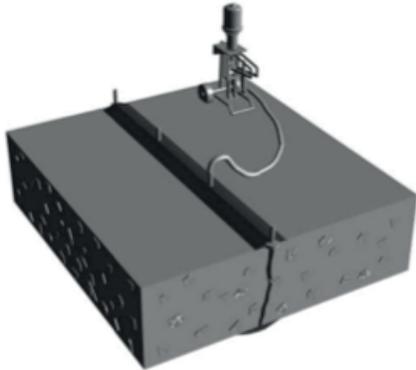
Antes de proceder a la instalación del sello externo, marque la ubicación de la porción más ancha de la grieta y ponga especial atención a lo siguiente:

- Utilice sólo materiales que no han excedido su vida útil;
- Dosificación precisa de los componentes;
- Lotes pequeños para mantener el material fresco y disipar el calor;
- Espaciamiento de los puertos y aplicación consistente del material, 25 mm de ancho x 5mm de espesor a lo largo de la grieta

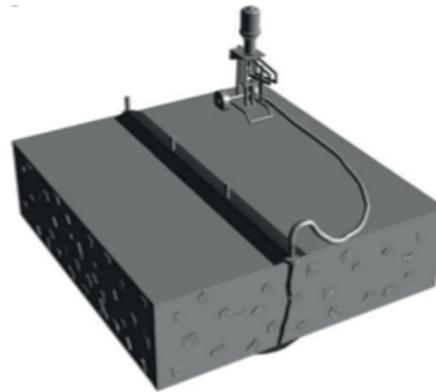
Inyección de resina epóxica

Para la inyección exitosa de la resina epóxica, empiece con una dosificación y mezclado adecuados de los componentes epóxicos apegándose estrictamente a los requisitos del fabricante. Antes de iniciar con la inyección, asegúrese que el sello externo y el adhesivo del adaptador del puerto se hayan curado adecuadamente de tal forma que puedan soportar las presiones de inyección.

En una grieta horizontal inicie la inyección en la sección más ancha de la grieta. (Asegúrese de localizar y marcar estas áreas antes de instalar el sello externo.) Comúnmente, las grietas verticales son inyectadas de la parte inferior hacia la parte superior.



Inicie la inyección en el segmento más ancho de la grieta



Continúe la inyección hasta que ya no entre más resina y se rebose.

Continúe la inyección hasta que se rebose. Si un puerto adyacente empieza a rebosar, tape el puerto que se está inyectando y continúe la inyección en el puerto más lejano del que este brotando resina.

Las grietas capilares internas en ocasiones no son muy adecuadas para repararse por “bombeo hasta el rebose”. En esos casos, trate de inyectar la resina epóxica a una presión mayor (aproximadamente 1.3 MPa (200 lb./pulg.²)) por 5 minutos. También deberá considerar un espaciamiento menor de los puertos.

Cuando la inyección en el puerto se completa, tápelo inmediatamente. Se pueden usar presiones mayores para inyectar grietas muy estrechas o aumentar la velocidad de inyección. Sin embargo, debe tener cuidado al usar presiones mayores para prevenir que el sello externo o los puertos se revienten.

Remoción de los puertos y el sello externo

Al terminar el proceso de inyección, retire los puertos y el sello externo por calentamiento, cincelado o esmerilando. Si la apariencia no es objetada por el cliente, el sello externo puede dejarse en su lugar. Si se requiere quitarlo por completo para aplicar posteriormente un recubrimiento más estético, prepare la superficie de concreto por esmerilado.



3.1.4. Verificación de la inyección.

Para asegurar que la inyección se ha realizado exitosamente, se pueden usar medidas de aseguramiento de la calidad que incluyan muestras de prueba o evaluaciones no destructivas (NDE, siglas en inglés).

Corazones de prueba:

- Deberán seleccionarse las ubicaciones de los corazones para evitar cortar el acero de refuerzo, perforar para obtener muestras en áreas de esfuerzos críticos o creando orificios por debajo del nivel de agua. El ingeniero debe determinar las ubicaciones de los corazones cuando existan estas condiciones; Asegúrese que la resina epóxica ha fraguado antes de extraer un corazón.
- Tome corazones (normalmente de 50 mm [2 pulg.] de diámetro) para verificar que la penetración de la resina epóxica es adecuada.
- Inspeccione el corazón visualmente para determinar la penetración de la resina epóxica dentro de la grieta
- Se pueden realizar pruebas adicionales en los corazones para determinar la resistencia a compresión y a la tensión por compresión diametral según el estándar ASTM C42.
- Subsecuentemente, repare el área de donde se retiró el corazón (después de una preparación adecuada de la superficie) con un material cementante expansivo o un grout epóxico compatible con el sustrato de concreto existente y el medio que lo rodea.

Métodos para la evaluación no destructiva:

- Impacto por ondas sonoras (impact echo, IE, siglas en inglés).
- Velocidad de pulso ultrasónico (ultrasonic pulse velocity, UPV, siglas en inglés).
- Análisis del espectro de las ondas superficiales (spectral analysis of surface waves, SASW, siglas en inglés).

3.1.5. Productos TOXEMENT Para inyección de fisuras.

TOXEMENT dentro de su portafolio tiene los siguientes productos para la inyección de fisuras:

• **EUCO INYECCIÓN 100** es un sistema epóxico de dos componentes de baja viscosidad recomendado para inyección en grietas estructurales expuestas a la humedad. **EUCO INYECCION 100** cumple con la norma ASTM C-881 / 99 Tipo IV, Grado 1, Clase B y C.

• **TOC 8004 INYECCIÓN** es un sistema epóxico de dos componentes de baja viscosidad recomendado para inyección en grietas estructurales originadas por retracciones, asentamientos diferenciales, movimientos telúricos, etc.

CARACTERÍSTICAS	PRODUCTO	
	TOC 8004 INYECCIÓN	EUCO INYECCIÓN 100
Estado de la fisura o grieta	Seca	Seca o Húmeda
Uso	Fisuras finas y grietas	Fisuras finas y grietas
Rendimiento	1,1kg/lt	1,1kg/lt
Viscosidad (A+B)	420 cps - 450 cps	500 cps +/- 50 cps

Para el sello externo y el confinamiento de la fisura se sugiere el uso de **EUCOPATCH E**, mortero de dos componentes ideal para reparación y pega en pavimento rígido.

3.2. LLENADO Y SELLADO DE FISURAS POR GRAVEDAD

Se pueden usar monómeros y resinas de baja viscosidad para sellar fisuras con anchos superficiales de entre 0,03 a 2 mm, aplicándolos por el método del llenado por gravedad

Cuanto menor sea la viscosidad, más finas serán las fisuras que se pueden llenar.

3.2.1 Productos TOXEMENT parllenado y sellado de fisuras por gravedad.

DURAL 335 es un sellador - sanador epóxico de dos componentes especialmente diseñado para sello de fisuras en losas de concreto, libre de solventes de ultra baja viscosidad e insensible a la humedad.

DURAL 335 se utiliza en interiores y exteriores para sellar losas, llenado de grietas por gravedad:

- Plataformas para puentes.
- Plataformas y rampas para estacionamientos.
- Pistas en aeropuertos.
- Vías.
- Bodegas

3.2.2. Procedimiento de aplicación

- La superficie debe estar estructuralmente sana, limpia, seca y libre de lechadas, polvo, tierra, aceite, recubrimientos, agentes desmoldantes y otros contaminantes.
- Las fisuras deben ser sopladas con aire comprimido libre de aceites y agua. Los compresores de aire deben ser portátiles y capaces de proveer no menos de 90 libras por pulgada cuadrada de presión. (PSI).
- Si existen juntas de expansión o fisuras selladas con un sellante elástico, cubra los sellos para evitar que la resina se adhiera a la superficie de las juntas o fisuras.
- Las superficies y fisuras deben estar completamente secas antes de aplicar la resina de sello para alcanzar penetración máxima.
- En la parte superior de la fisura coloque dos tiras de silicona cada una paralela a la fisura.



- Mezcle el DURAL 335 de acuerdo a las recomendaciones de su hoja técnica y proceda a verter con una jeringa o un salsero, hasta que se llene totalmente y no permita la entrada de más producto.
- Retire los excesos y cuando producto de sellado haya secado retirar la silicona.
- Si se desea homogenizar el acabado en la losa, una vez tratadas todas las fisuras se puede aplicar una capa del producto sobre toda la superficie a modo de sellante. (Ver foto 4 Y 5).



Foto 2. Fisura antes de ser tratada



Foto 3. Aplicación del DURAL 335.



Foto 4. Aplicación de DURAL 335 en toda la superficie

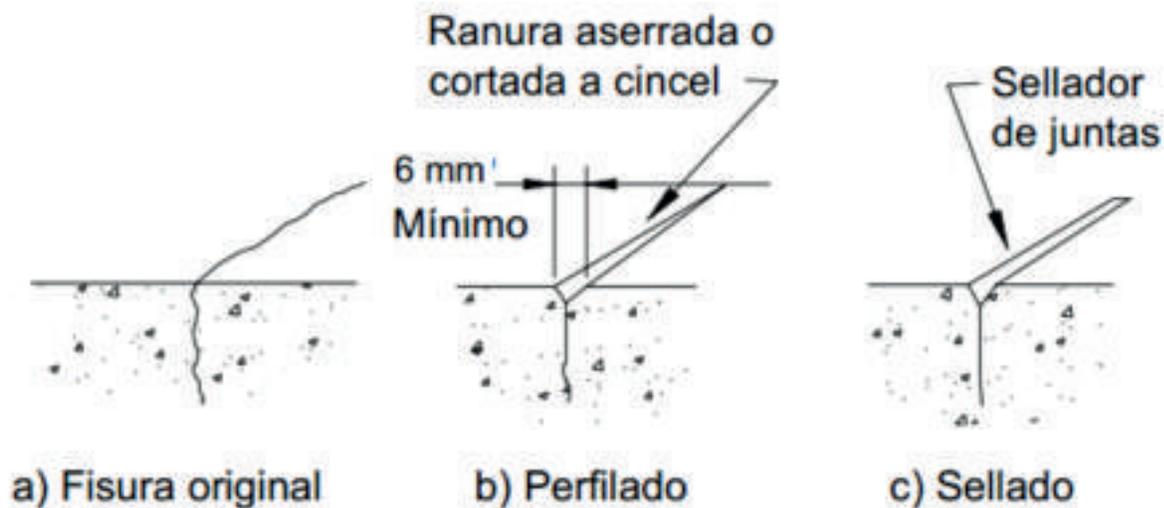


Foto 5. Acabado después de aplicado el DURAL 335.

Nota: el procedimiento de llenado por gravedad es recomendado únicamente para sellar las fisuras, ya que con este método no se puede garantizar el llenado del 100% de la fisura en toda su profundidad; si se requiere hacer una reparación estructural del elemento a tratar donde se asegure esta queda monolítico, se debe hacer una inyección epóxica a presión.

3.3. PERFILADO Y SELLADO FISURAS

El perfilado y sellado de fisuras se puede aplicar en condiciones que requieren una reparación inmediata y cuando no es necesario efectuar una reparación estructural. Este método consiste en agrandar la fisura a lo largo de su cara expuesta, llenarla y sellarla con un sellador adecuado.

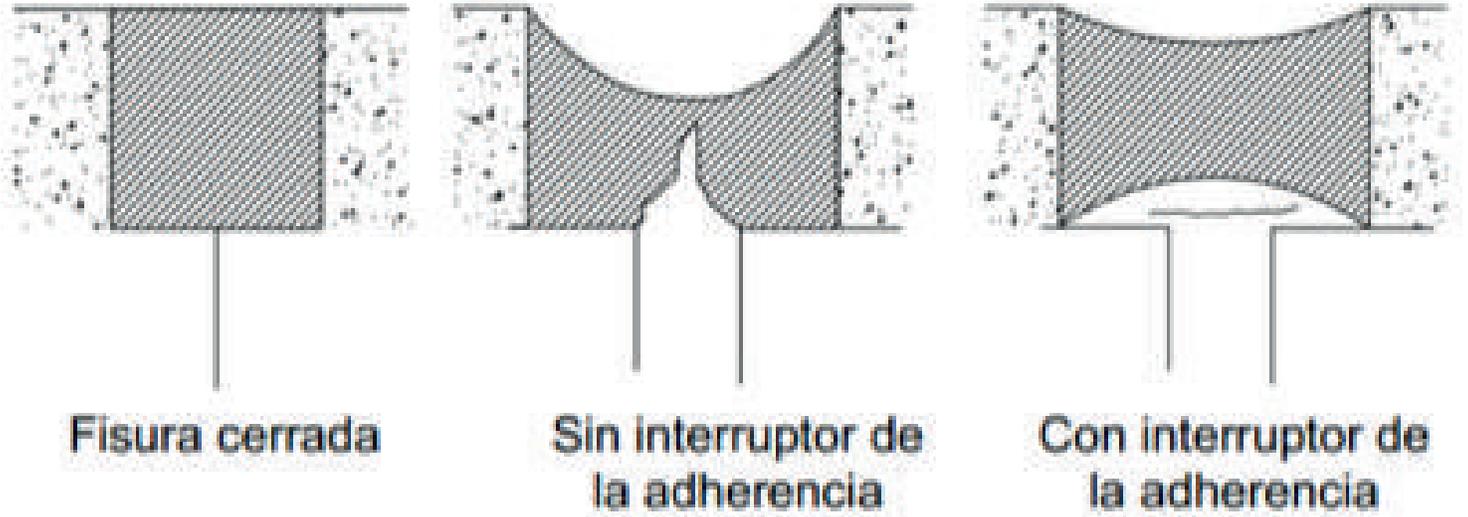


Esta técnica es de uso común y fácil de ejecutar, se pueden sellar fisuras horizontales, verticales, sobre cabeza o en superficies curvas. El perfilado y sellado se usa para tratar tanto fisuras finas de patrón irregular como fisuras aisladas de mayor tamaño. Uno de los principales objetivos de este método es colocar un sello impermeable sobre la fisura y evitar el ingreso de agua u otros contaminantes que pueden dar origen a diferentes patologías (corrosión, carbonatación, manchas etc).

Los materiales para el sello de fisuras pueden ser de diferente naturaleza, pero su elección se debe hacer con base al comportamiento que tenga la fisura, es decir si es una fisura activa (con movimiento) se deberá colocar un material flexible que permita movimiento como: los poliuretanos, las silicones, los híbridos o los bituminosos y si es una fisura pasiva (sin movimiento) se pueden colocar materiales rígidos como los morteros de reparación, las resinas epoxicas o semirígidos como las poliureas. Un sellador satisfactorio debería ser capaz de soportar deformaciones cíclicas y no debería ser frágil.

El procedimiento para llevar a cabo el perfilado y sellado de fisuras es el siguiente:

- Abrir una ranura sobre la fisura con una cortadora manual para concreto. El ancho de la ranura deber mínimo de 6 mm y máximo de 25 mm, la profundidad se debe hacer de acuerdo al ancho de la fisura y teniendo en cuenta el factor de forma del sellante a utilizar.
- Luego las fisuras deben ser sopladas con aire comprimido libre de aceites y agua. Los compresores de aire deben ser portátiles y capaces de proveer no menos de 90 libras por pulgada cuadrada de presión.
- Se puede disponer un interruptor de la adherencia en el fondo de la ranura para permitir que el sellador cambie de forma, sin concentrar tensiones en el fondo. El interruptor de la adherencia puede ser una cinta o tira de polietileno que no se adhiera al sellador.



Efecto del interruptor de adherencia

- Hay que detallar la ranura cuidadosamente de manera que su relación de aspecto (ancho/profundidad) acomode el movimiento anticipado (ACI 504R)
- Se debe dejar curar el material de sello y dar al tráfico de acuerdo a las recomendaciones de su hoja técnica.



Ranura sobre la fisura con una cortadora manual para concreto



Fisuras ranuradas



Sello de la fisura con producto elastomérico

Dentro del portafolio de productos TOXEMENT existen diferentes tipos de sellos, a continuación se presenta una guía de selección.

GUÍA DE SELECCIÓN DE SELLOS

	ALEX PLUS	DYMONIC 100	DYMONIC FC	EUCO QWIKJOINT		ILLBRUCK OS 123	ILLBRUCK SP 523	SPECTREM 900 SL	TAMMSFLEX NS	TAMMSFLEX SL	VULKEM 116	VULKEM 45 SSL
Química	H	U	H	P	H	BM	H	S	PS	PS	U	U
Uso (Vertical / Horizontal)	V-H	V-H	V-H	H	V-H	V-H	V-H	H	V	H	V-H	H
Componentes	S	S	S	M	S	S	S	S	M	M	S	S
Incluir capacidad de movimiento real y modificada:	±12.5%	±50% +100/ -50%*	±35%	ND	ND	12.5%	±25%	+100/ -50%*	±25%	±25%	±25%	±35% +100/ -50%*
Inmersión	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO
Concreto verde o húmedo	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI
Apto para contacto con agua potable	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO
Uso (Interior / Exterior)	I-E	I-E	I-E	I	I	I	I-E	I-E	I	I	I-E	I-E
Compatible con sistemas impermeabilizantes VULKEM y TREMPROOF	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI

3.4. REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON FIBRAS DE CARBONO

Una de las alternativas para solucionar la aparición de fisuras generadas por cargas o comportamientos estructurales es el "Reforzamiento estructural con fibras de carbono". Los sistemas FRP (por su nombre en inglés "fiber-reinforced polymer") están compuestos por laminas en fibra de carbono, un polímero 10 veces más resistente a la tracción que el acero (35,500 kg/cm² vs. 4,200 kg/cm²) y mucho más liviano.

Una o varias capas de láminas son colocadas alrededor o debajo de las secciones de concreto a reforzar, y junto a un sistema adhesivo epóxico especial, se logra una total adherencia a la antigua superficie de concreto. El resultado es una capa externa de reforzamiento que ayuda a soportar las cargas del elemento y previene deflexiones excesivas. A este comportamiento se suma su rápida aplicación y bajo costo, obteniendo un sistema único basado en materiales de alta resistencia, con una relación rigidez/peso elevada y muy resistentes a ataques químicos.

Los sistemas FRP pueden ser usados para:

- Rehabilitar o restaurar elementos estructurales de concreto armado debilitados por patologías específicas.
- Reforzar elementos estructurales en buenas condiciones (sin patologías) para permitir el aumento de cargas, cumplir con cambios de códigos o normas, atender cambios de uso o para corregir y minimizar eventuales riesgos derivados por deficiencias en el diseño o la construcción.

Las principales ventajas de los sistemas FRP son:

- Puede instalarse rápidamente en áreas de difícil acceso.
- La reparación no adiciona mucho peso muerto a la estructura.
- Ofrece reparaciones extremadamente durables ya que el material no se corroe.
- Resistencia extrema al intemperismo y condiciones ambientales difíciles.
- Bajo impacto estético.

3.4.1. Productos TOXEMENT para reforzamiento estructural con fibras de carbono

Dentro de su portafolio TOXEMENT cuenta con los siguientes productos para reforzamiento estructural con fibras de carbono.

EUCO CARBON FIBER CFS 300 es un tejido de fibras de carbono, de alta resistencia y de alto módulo. Este material es utilizado en conjunto con el DURALCRETE ESR para formar el sistema de polímero reforzado con fibras de carbono (FRP), usado para incrementar la resistencia y desempeño de los elementos estructurales.

EUCO CARBON FIBER CFS 600 es un tejido de fibras de carbono, de alta resistencia y de alto módulo. Este material es utilizado en conjunto con el DURALCRETE ESR para formar el sistema de polímero reforzado con fibras de carbono (FRP), usado para incrementar la resistencia y desempeño de los elementos estructurales.

DURALCRETE ESR es un compuesto de resina epóxica de dos componentes, 100% sólidos, de bajo olor, tolerante a la humedad, con alta resistencia y de alto modulo, usada como resina saturante / impregnante para sistemas de polímero reforzado con fibras de carbono (FRP)

EUCO CARBON FIBER PLATE S Y M es una lámina de fibras de carbono, de alta resistencia y de alto módulo. Este material es utilizado en conjunto con el EUCO EPOXY FIBER para formar el sistema de polímero reforzado con fibras de carbono (FRP), usado para incrementar la resistencia y desempeño de los elementos estructurales.

EUCO EPOXY FIBER es una soldadura epóxica de dos componentes de alta resistencia mecánica ideal para pega de platinas de fibra de carbono a concreto.

3.4.2. Aspectos generales sobre diseño

El sistema de refuerzo con telas de EUCO CARBON FIBER CFS 300/600 o con la lámina de fibras de carbono EUCO CARBON FIBER PLATE S Y M, no ofrecen deformación plástica invertida, es decir después de su deformación unitaria a tensión no recupera su posición inicial.

Es indispensable tener muy en cuenta la resistencia residual máxima a flexión de la sección la cual ocurre en la fluencia del acero o con la falla del concreto o aún con la rotura del material de refuerzo.

Se deben revisar las deformaciones máximas permitidas con los métodos convencionales y verificar el módulo de elasticidad del material de la estructura a reparar.

3.4.3. Verificaciones estructurales

Para realizar un adecuado estudio sobre la estructura a reparar, se deben efectuar algunas pruebas físicas y cálculos elementales para determinar el estado actual de dicha estructura, estas son:

- Geometría de la estructura (Secciones de vigas y columnas).
- Calidad del concreto y de los materiales que conforman la estructura (Resistencia de los materiales, densidad del material, estudios generales de laboratorio).
- Estado actual de la estructura (Agrietamientos, deformaciones, flexiones, etc.).
- Chequeo de la resistencia última.
- Resistencia a la fatiga.
- Resistencia a la máxima tracción.
- Cálculo del módulo de elasticidad del concreto de la estructura.

3.4.4. Preparación de la superficie

- La superficie debe estar sana, limpia, seca, libre de polvo, grasa, aceite, curadores o sustancias extrañas que impidan la adherencia.
- La edad del concreto debe ser mínimo 28 días, la superficie debe limpiarse con chorro de arena o agua, grata metálica o por algún medio mecánico eficaz.
- La humedad de la superficie no debe ser mayor al 4%.
- La superficie a ser tratada debe ser lo más plana posible y no debe tener más de 0.5 mm de desnivel en una longitud de 1 m. Esta debe verificarse con reglas metálicas.

3.4.5. Colocación del Sistema EUCO CARBON FIBER CFS 300/600

- Limpiar adecuadamente el **EUCO CARBON FIBER CFS 300/600**.
- Imprimir adecuadamente la superficie (previa preparación)
- Preparar el adhesivo **DURALCRETE ESR**: mezclar previamente la parte A y B por separado, luego verter completamente la parte A sobre la B hasta lograr uniformidad.
- Aplicar el adhesivo **DURALCRETE ESR** cuidadosamente con espátula o llana metálica a un espesor aproximado de 1 mm, sobre la superficie previamente preparada.
- Colocar **EUCO CARBON FIBER CFS 300/600** orientada correctamente sobre el adhesivo aplicado en la superficie y presionarla uniformemente con la ayuda de un rodillo hasta que comience a salir epóxico por ambos lados del **EUCO CARBON FIBER CFS 300/600**, se debe quitar el excedente de epóxico para obtener mejores acabados.
- Colocar una segunda capa de **DURALCRETE ESR** sobre el **EUCO CARBON FIBER CFS 300/600** tela, en espesor máximo de 1 mm para obtener el terminado final del sistema.

3.4.6. Colocación del Sistema el EUCO CARBON FIBER PLATE S Y M

1. Limpiar adecuadamente el **EUCO CARBON FIBER PLATE S Y M**.
2. Imprimir adecuadamente la superficie (previa preparación).
3. Preparar el adhesivo **EUCO EPOXY FIBER**, mezclar previamente la parte A y B por separado, luego verter completamente la parte A sobre la B hasta lograr uniformidad.
4. Aplicar el adhesivo **EUCO EPOXY FIBER** cuidadosamente con espátula o llana metálica a un espesor aproximado de 1 mm, sobre la superficie previamente preparada.
5. Colocar **EUCO CARBON FIBER PLATE S Y M** orientada correctamente sobre el adhesivo aplicado en la superficie y presionarla uniformemente con la ayuda de un rodillo hasta que comience a salir epóxico por ambos lados del **EUCO CARBON FIBER PLATE S Y M**, se debe quitar el excedente de epóxico para obtener mejores acabados.
6. Colocar una segunda capa de **EUCO EPOXY FIBER** sobre el **EUCO CARBON FIBER PLATE S Y M** tela, en espesor máximo de 1 mm para obtener el terminado final del sistema.

FUENTES Y REFERENCIAS

Abou-Zeid, Mohamed, David W. Fowler, Edward G. Navy, & John H. Allen. (2001). *Control of Cracking in Concrete Structures*. ACI 224R-01, Reported by ACI Committee 224, (October), 1-8. <https://doi.org/0097-8515>.

EngineeringIntro. (2012). [3fae11578bf3a08caa8a249b20f4859e4fac9a58 @ www.engineeringintro.com](http://www.engineeringintro.com/concrete/serviceability/cracking-in-flexural-members-serviceability/). Retrieved from <http://www.engineeringintro.com/concrete/serviceability/cracking-in-flexural-members-serviceability/>

FOPAE. (2011). *Guía De Patologías Constructivas, Estructurales Y No Estructurales (Tercera Ed)*. Retrieved from <http://www.fopae.gov.co/portal/page/portal/sire/componentes/EvaluacionDanos/documentos/Descargas/GUIAPATOLOGIAS.pdf>

Halvorsen, G. T., Barlow, P., Fowler, D. W., Barth, F., Hansen, W., Boggs, H. L., ... Liu, T. C. (1993). *Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón Informado por el Comité ACI 224*.

Instituto Valenciano de la edificación. ServiceLogin @ mail.google.com (2001). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10/1016/j.pmedr.2016.07.005>

visual-inspection-of-concrete-structure @ www.engineeringcivil.com. (n.d.). Retrieved February 11, 2018, from <http://www.engineeringcivil.com/visual-inspection-of-concrete-structure.html>

<http://www.ygaryarquitectura.com/inspeccion-tecnica-de-edificios-fisuras>

ACI 224.1R-93 – *Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón*.

Boletín 1 de RAP del ACI: *Reparación de Grietas Estructurales Por Inyección de Resinas Epóxicas*. Por Brian F. Keane. Informe del Comité E706 de ACI

Reforzando Edificaciones Con Fibras De Carbono. Autor: Luis Flores Tantaleán. Ingeniero Civil Gerente Administrativo de Constructora RF SA. Perú.



EUCLID GROUP TOXEMENT

CONSTRUYENDO MEJORES PROYECTOS

WWW.TOXEMENT.COM.CO

Para mayor información consulte la hoja técnica visitando nuestro portal web o consulte nuestro departamento técnico.

GUÍA DE ESPECIFICACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE FISURAS EN EL CONCRETO



theeuclidgroup.com