



# REHABILITACIÓN FISURAS EN EL CONCRETO REFORZADO

CONSTRUYENDO CONFIANZA





# Contenido

INTRODUCCIÓN	4
¿POR QUÉ SE FISURA EL CONCRETO?	5
CAUSAS DE LAS FISURAS EN EL CONCRETO	6
TIPOS DE FISURAS	7
RAZONES PARA LA REPARACIÓN DE LAS FISURAS	8
CONDICIONES PARA LA REPARACION DE LAS FISURAS	9
LOS 4 MÉTODOS DE INYECCIÓN DE LAS FISURAS	10
CONTROL DE FISURAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO (ACI 224R-01)	14

# INTRODUCCIÓN

**LAS FISURAS EN LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO** siempre han sido una alarma de que algo malo está sucediendo, o indican que hay un problema estructural mayor. Las relacionamos con la pérdida de una apariencia estética y con problemas de durabilidad en un futuro ya que por ahí pueden ingresar sustancias nocivas que inician un proceso de corrosión en el acero de refuerzo. Las fisuras con filtraciones de agua en estructuras subterráneas como los sótanos de los edificios pueden reducir enormemente la vida útil de la estructura debido a la corrosión y daños en el concreto, además de reducir la funcionalidad y el uso. Se pueden inyectar estas fisuras para evitar reparaciones costosas y daños en los acabados del edificio.

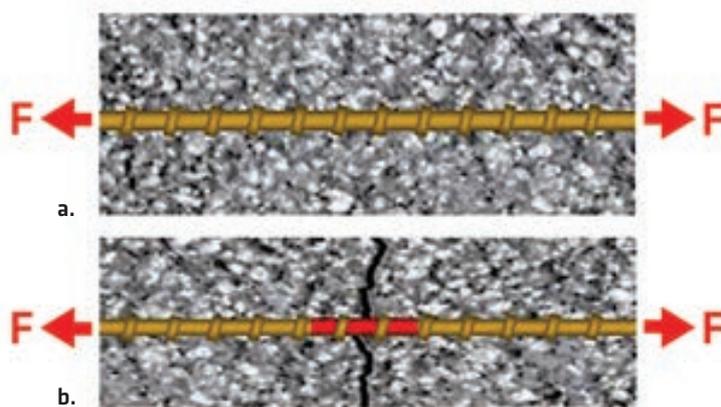
Sika ofrece un amplio portafolio de sistemas y productos para la inyección según el tipo de fisura que se deba tratar. Se pueden usar estos sistemas en cualquier momento, al inicio de la construcción o posteriormente en trabajos de reparación con el objeto de extender la vida de servicio de la estructura. Los sistemas de inyección de Sika no solamente sirven para sellar las filtraciones e impermeabilizar sino que también se usan para restaurar la integridad estructural y la capacidad de soportar cargas.

Como un requisito primordial, todos los productos de inyección de Sika son totalmente probados para cumplir con diferentes normativas usadas a nivel global.



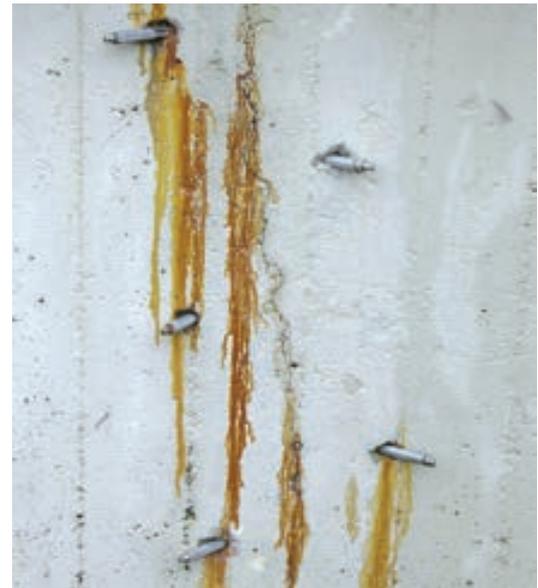
# ¿POR QUÉ SE FISURA EL CONCRETO?

El concreto es un material muy bueno para soportar esfuerzos de compresión, pero no muy bueno cuando se le somete a fuerzas de tensión. Se sabe que su resistencia a fuerzas de tensión es aproximadamente una décima parte de su resistencia a fuerzas de compresión. Es por ello que le adicionamos el acero de refuerzo (varillas), las cuales son las encargadas de soportar las fuerzas de tensión principalmente, y le dan al concreto la capacidad de deformarse bajo cualquier carga impuesta (ductilidad). Cuando la fuerza de tensión aplicada a un elemento de concreto reforzado supera su resistencia a tensión, aparecen las fisuras. Ver la figura 1.

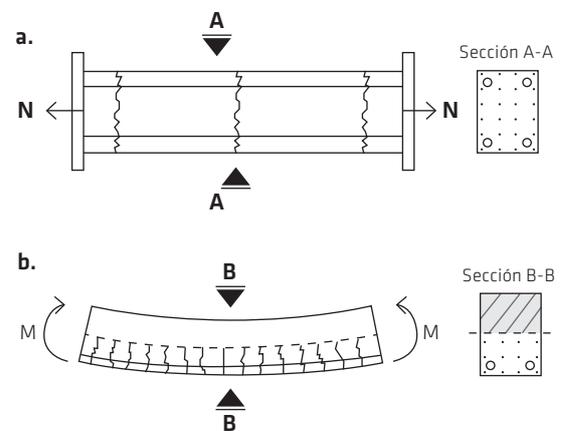


**Figura 1.**  
a. Fuerza de tensión aplicada a un elemento de concreto reforzado.  
b. Cuando la fuerza de tensión  $F$  supera a la resistencia a tensión del concreto reforzado, éste se fisura.

Es importante colocar el acero de refuerzo en la posición correcta, conservando los recubrimientos de las barras de refuerzo según el caso. De esta manera minimizamos el riesgo que se fisure el elemento de concreto reforzado.



Las características de las fisuras dependerán de cómo es cargado el elemento estructural. Por ejemplo, en el caso de una viga apoyada en sus extremos, las fisuras se presentarán en la parte inferior que es la zona que está en tensión; ver la figura 2b. Si la carga es uniforme en toda la sección, así lo serán las fisuras que aparezcan a lo largo del elemento; ver la figura 2a.



**Figura 2.**  
a. Fisuras en un elemento de concreto reforzado con la carga de tensión en toda la sección.  
b. Fisuras en una viga de concreto reforzado.

# CAUSAS DE LAS FISURAS EN EL CONCRETO

## EL CONCRETO REFORZADO SE PUEDE FISURAR POR VARIOS MOTIVOS.

**Cuando se trata de una estructura nueva** podríamos mencionar: exceso de agua en la mezcla de concreto, falta de curado del concreto, retiro de la cimbra antes de tiempo, sección insuficiente de los elementos estructurales (vigas, columnas, losas, muros, etc), acero insuficiente en los elementos estructurales, mala ubicación de los aceros de refuerzo.

**Cuando se trata de una estructura existente**, la causa más común para que se fisure es un aumento de las cargas de servicio. Estas cargas de servicio corresponden a las cargas verticales (muerta y viva) y a una carga eventual como la impuesta por un sismo. Es normal que aparezcan fisuras en una estructura de concreto reforzado cuando es sometida a las cargas de servicio: carga muerta (peso propio y cargas permanentes) y la carga viva (peso de los enseres y las personas). Siempre y cuando no se superen unos anchos de fisura estipulados, se acepta que esta situación es normal (ACI 224R: Control of Cracking in Concrete Structures).



# TIPOS DE FISURAS

HAY VARIAS FORMAS DE CLASIFICAR LAS FISURAS. SEGÚN SU PROFUNDIDAD PUEDEN SER: SUPERFICIALES O PROFUNDAS; SEGÚN EL MOVIMIENTO PUEDEN SER: ACTIVAS O INACTIVAS; Y SEGÚN LA CONDICIÓN DE HUMEDAD PUEDEN SER: SECAS Ó HÚMEDAS (CON AGUA A PRESIÓN/SIN PRESIÓN).

Lo primero que uno quiere saber es la extensión y profundidad de la fisura, si es superficial y si ha alcanzado al acero de refuerzo ó si ha atravesado todo el elemento de concreto. Las fisuras superficiales comprometen la estética de la estructura y la durabilidad si ya alcanzaron a las barras de acero. Las fisuras profundas comprometen la rigidez, la durabilidad y la impermeabilidad, además de la estética. Ver la figura 3.



Figura 3.  
a. Fisuras superficiales en una losa de piso.  
b. Fisuras profundas en una losa aérea.

# RAZONES PARA LA REPARACIÓN DE LAS FISURAS

## **Durabilidad.**

La razón principal para sellar las fisuras en una estructura de concreto es la durabilidad de la estructura. Por las fisuras pueden ingresar los agresores del medio ambiente hacia los aceros de refuerzo (humedad, dióxido de carbono, materiales disueltos contenidos en los suelos, sales (cloruros) disueltos en el agua de mar, etc.). Las fisuras son como las heridas abiertas por donde entran las enfermedades.

Cuando los agresores del medio ambiente alcanzan los barras de acero de refuerzo empieza un proceso de corrosión. El óxido que aparece en las barras de refuerzo es el producto de la corrosión.

Estos productos de la corrosión ejercen una fuerza de tensión en el concreto circundante logrando fracturarlo al cabo de cierto tiempo. Es así como vemos una estructura con el concreto fracturado por donde sale un material café oscuro (el óxido).

## **Impermeabilidad.**

Hay que evitar que el agua entre al interior de la estructura.

El agua es uno de los agentes necesarios para que se presente el problema de la corrosión el cual deteriora la estructura.

Además las estructuras de concreto están concebidas para no dejar pasar el agua hacia el interior y deben generar comodidad a sus ocupantes (en el caso de edificios, casas, etc.).

## **Rigidez.**

Cuando una fisura atraviesa un elemento estructural (viga, columna, losa, muro, etc.) se ve afectada su rigidez. Dependiendo del ancho de la fisura, el elemento vería comprometida su capacidad de soportar las cargas de servicio. Es por ello que es importante inyectar estas fisuras y restituir el monolitismo perdido.



# CONDICIONES PARA LA REPARACION DE LAS FISURAS

HAY 3 FACTORES QUE NOS SIRVEN PARA ELEGIR EL MEJOR PROCEDIMIENTO PARA LA REPARACIÓN DE LAS FISURAS: **ANCHO DE LA FISURA, MOVIMIENTO DE LA FISURA Y CONDICIÓN DE HUMEDAD DE LA FISURA.**



## ANCHO DE LA FISURA

Se pueden inyectar fisuras con un ancho mínimo de 0.15 mm (ancho de un cabello humano), y con un ancho máximo de 6 mm aproximadamente (para el caso de resinas epóxicas, acrílicas inyectadas a presión). El ancho de la fisura determina la viscosidad del producto a utilizar, siendo menos viscoso para fisuras pequeñas y más viscoso para las fisuras más anchas. También determina el producto a utilizar; fisuras con anchos de hasta 6 mm pueden inyectarse con resinas de tipo epóxico ó acrílico. Para anchos superiores a 6 mm empiezan a ser importantes los materiales cementosos tipo grout.



## MOVIMIENTO DE LA FISURA

Es necesario determinar si la fisura es activa (tiene movimiento) ó es inactiva (sin movimiento). Para las fisuras activas escogemos materiales de inyección que sean flexibles con capacidad de elasticidad limitada y para las fisuras inactivas se pueden escoger resinas rígidas que restituyan la rigidez y el monolitismo de la sección (por ejemplo, resinas epóxicas).



## CONDICIÓN DE HUMEDAD EN LA FISURA

¿Es una fisura seca (temporalmente), ó es una fisura con humedad permanente?; ¿el agua presente en la fisura tiene presión?. Las respuestas a estas preguntas definen el tipo de producto a utilizar y la metodología de inyección. Por ejemplo, para las fisuras con humedad (y con agua a presión incluso), se recomiendan resinas que reaccionan con el agua y se expanden sellando la fisura y la entrada de agua hacia el interior de la estructura. Estas resinas pueden ser de poliuretano expandible ó no expandible. También se utilizan resinas acrílicas flexibles y no expandibles en contacto con agua que dan un sello más permanente a la inyección.

Los productos para la inyección de las fisuras tienen características diferentes dependiendo del uso que se les quiera dar. Estos son los parámetros que hay que estudiar de los diferentes productos para la inyección de fisuras: viscosidad, expansión, tiempo de reacción, vida en el recipiente, flexibilidad, adherencia, durabilidad, sellado permanente, resistencia y toxicidad/medio ambiente.

# LOS 4 MÉTODOS DE INYECCIÓN DE LAS FISURAS

## 1. INYECCIÓN CON BOQUILLAS ANCLADAS (MECHANICAL PACKERS).

Este método de inyección es normalmente utilizado para sellar fisuras en 2 casos:

1.- Con presencia de agua (a presión ó sin presión). Este problema se presenta en estructuras enterradas que tienen un nivel freático alto y en donde no se tomaron precauciones para que el agua no ingresara al interior del edificio. Es típico ver estos problemas en los muros de contención de los sótanos, losas de los sótanos y tanques que contienen agua.

2.- Sin presencia de agua. Este problema se presenta en estructuras tales como muros de concreto y losas de entre piso.

En ambos casos se utilizan unas boquillas que se anclan a los lados de la fisura a inyectar, previa perforación con un taladro hasta interceptar la fisura. Ver la figura 4.



Figura 4.

a. Proceso de inyección de una resina de poliuretano expandible a través de unas boquillas ancladas a ambos lados de la fisura.

b. Resina de poliuretano expandible (SikaFix® HH). Al lado izquierdo se ve el SikaFix® HH, componentes A y B antes de agregar unas gotas de agua. Al lado derecho se ve el SikaFix HH expandiéndose luego de agregarle unas gotas de agua.

El objetivo en este tipo de inyecciones es que la resina reaccione con el agua que sale por la fisura y la selle. Los poliuretanos expandibles pueden aumentar su volumen entre 20 y 40 veces el volumen inicial. En algunos casos se utilizan resinas acrílicas (no expandibles) que forman un sello flexible más permanente.

El procedimiento de inyección se puede resumir así:

1. Perfore a ambos lados de la fisura con un ángulo de 45° hasta interceptar a la fisura. El diámetro de la perforación será el mismo de la boquilla más 2 mm. La longitud de la perforación puede ser del mismo espesor del elemento a inyectar.
2. Colocar las boquillas de inyección intercaladas a una distancia no mayor a  $d/2$  ( $d$  = espesor del elemento). Ver la figura 5a.
3. Conectar el equipo de inyección y empezar a inyectar la resina, teniendo en cuenta de cambiar de boquilla cuando la resina empieza a salir por la boquilla adyacente. Ver la figura 5b.

En los casos en donde no es posible perforar la estructura para colocar las boquillas, debido a la cantidad de acero presente en la estructura a inyectar, se utilizan boquillas colocadas en la superficie como se explica a continuación.

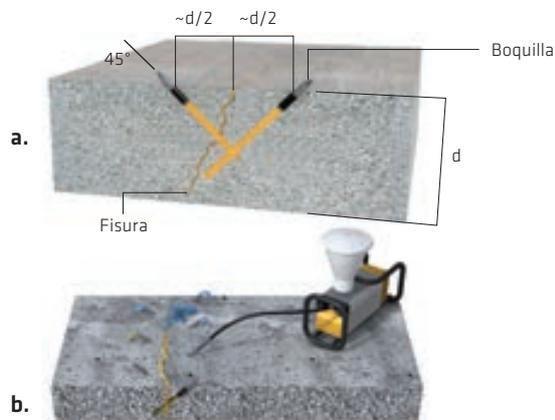


Figura 5.

- a. Colocación de las boquillas, anclándolas al concreto.
- b. Inyección de la resina mediante una bomba a presión.

## PRODUCTOS SIKA:

### SikaFix® HH+

Resina líquida de poliuretano de 2 componentes (relación 1:40 (B:A)), expandible al entrar en contacto con agua.

### Sikadur-52

Resina epóxica de 2 componentes de muy baja viscosidad.

### Sikadur-35 Hi Mod LV

Resina epóxica de 2 componentes de baja viscosidad y alto módulo.

## 2. INYECCIÓN CON BOQUILLAS SUPERFICIALES (SURFACE PACKERS).

Este método de inyección es normalmente utilizado para inyectar una resina epóxica rígida en una fisura inactiva (sin movimiento) que no tiene presencia de agua. Es el caso de la inyección de fisuras en elementos estructurales como vigas, columnas, losas, muros, etc., en donde necesitamos recuperar la rigidez y el monolitismo además de evitar el ingreso de agresores hacia el acero de refuerzo. Es típico ver estos problemas cuando se sobrepasan las cargas de servicio (muerta y viva) en los elementos estructurales o cuando son sometidos a los movimientos producidos por un sismo.

Se utilizan unas boquillas que se colocan en la superficie mediante el uso de una resina de sello que las fija en el centro de la fisura a inyectar. Ver la figura 6.



Figura 6.

a. Proceso de inyección de una resina epóxica a través de unas boquillas colocadas en la superficie de la fisura.

b. Resina epóxica de baja viscosidad Sikadur®-35 Hi Mod LV, usada para la inyección de fisuras en elementos estructurales.

El procedimiento de inyección se puede resumir así:

1. Prepare el sustrato usando una pulidora. Luego limpie usando una brocha y una aspiradora.
2. Coloque las boquillas en la superficie, insertando una puntilla para centrar las boquillas en las fisuras. Coloque el adhesivo de sello en la fisura y alrededor de las boquillas. Las boquillas pueden separarse una distancia igual al espesor del elemento a inyectar. Ver la figura 7a.

3. Cuando haya fraguado el adhesivo de sello, conecte el equipo de inyección y empiece a inyectar la resina de baja viscosidad. Pásese a la siguiente boquilla cuando la resina de inyección empiece a salir por la boquilla adyacente.

4. Al día siguiente, retire por medios mecánicos las boquillas y el adhesivo de sello.

### PRODUCTOS SIKA

#### Sikadur-52

Resina epóxica de 2 componentes de muy baja viscosidad.

#### Sikadur®-35 Hi Mod LV

Resina epóxica de 2 componentes de baja viscosidad y alto módulo.

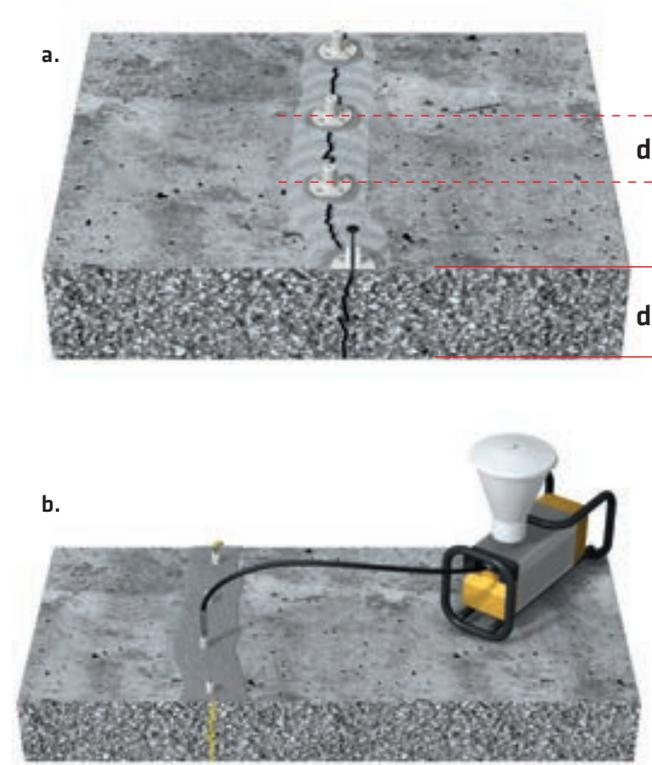


Figura 7.

a. Colocación de las boquillas en la superficie.

b. Inyección de la resina de baja viscosidad usando un equipo a presión.

### 3. INYECCIÓN TIPO CORTINA (CURTAIN INJECTION).

Este método de inyección es normalmente utilizado para sellar fisuras con presencia de agua (a presión ó sin presión) mediante el uso de un poliuretano expandible. En los sótanos pueden aparecer fisuras (filtraciones) en grandes áreas por varias razones como: inadecuado diseño de la mezcla de concreto, mala colocación y compactación del concreto, movimientos del suelo y niveles freáticos altos. Estas áreas grandes se pueden sellar con el método de inyección tipo cortina, inyectando detrás de la estructura de concreto.

Se utilizan unas boquillas que se anclan en toda la superficie del muro a inyectar. El objetivo es inyectar una resina que forme una cortina en la parte trasera del muro y evite la entrada del agua al interior del edificio. Ver la figura 8.

**El procedimiento de inyección se puede resumir así:**

1. Haga las perforaciones para colocar las boquillas de inyección (mechanical packers) en toda el área del muro a inyectar. Estas perforaciones estarán separadas entre 30cm y 50cm.
2. Coloque las boquillas de inyección en la superficie del muro. Ver la figura 8a.
3. Conectar el equipo de inyección y empezar a inyectar la resina acrílica flexible, teniendo en cuenta de cambiar de boquilla cuando la resina empieza a salir por la boquilla adyacente. Empezar a inyectar desde las boquillas inferiores. Ver la figura 8b.

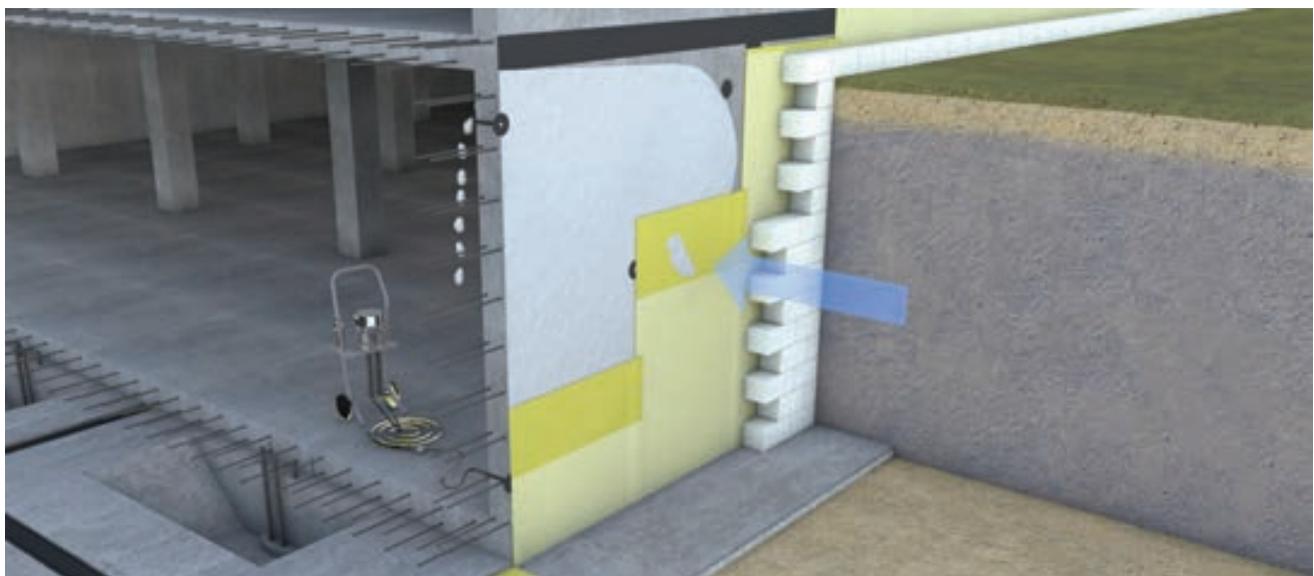
#### PRODUCTOS SIKA:

##### SikaFix® HH+

Resina líquida de poliuretano de 2 componentes, expandible al entrar en contacto con agua.



Figura 8.  
a. Perforación de la superficie de un muro con problemas de filtración de agua, para la instalación de las boquillas de inyección.  
b. Procedimiento de inyección, formando una cortina en la parte de atrás del muro de contención.  
c. Parte trasera del muro que está siendo inyectado con un poliuretano expandible (SikaFix HH+)



#### 4. INYECCIÓN POR GRAVEDAD. (IDEAL PARA FISURAS EN LOSAS)

Este método de inyección es el más sencillo y normalmente utilizado para inyectar una resina epóxica rígida en una fisura inactiva (sin movimiento) que no tiene presencia de agua. El procedimiento se realiza por gravedad, sin utilizar un equipo de inyección a presión aprovechando que la fisura está en el piso. Se debe hacer un dique o camino que contenga a la resina de baja viscosidad mientras ésta penetra en la fisura. Si la fisura ha atravesado toda la losa, se debe sellar por la parte inferior de la misma para evitar que se escape la resina de inyección.



Figura 9a.  
Inyección por gravedad de una fisura en una losa (soporte de un equipo).

También se pueden inyectar por gravedad las fisuras en losas apoyadas en el suelo en donde inyectar una resina con equipo a presión es complicado por que la resina se puede escapar por el terreno. Dependiendo del ancho de la fisura se debe escoger la resina con la viscosidad apropiada. Fisuras pequeñas requerirán de resinas con viscosidades muy bajas.

#### PRODUCTOS SIKA:

##### Sikadur-52

Resina epóxica de 2 componentes de muy baja viscosidad.

##### Sikadur®-35 Hi Mod LV

Resina epóxica de 2 componentes de baja viscosidad y alto módulo.



Figura 9b.  
Sikadur®-35 Hi Mod LV, resina epóxica de baja viscosidad para la inyección de fisuras en elementos estructurales.

# CONTROL DE FISURAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO (ACI 224R-01)

Existe la creencia general en todo el mundo que las estructuras de concreto reforzado no deben fisurarse. Con esa creencia, cuando el concreto se fisura, se afirma que el contratista del concreto causó el daño y debe pagar las reparaciones. Sin embargo las fisuras en el concreto reforzado no son un defecto y son específicamente incluidas como parte del diseño. Se trata de fisuras producidas por cargas de servicio y no por defectos en el concreto producto de malas prácticas constructivas.

El ACI 224R-01, "Control de Fisuras en Estructuras de Concreto", en la tabla 4.1, indica los anchos de fisura razonables para una estructura de concreto reforzado bajo cargas de servicio para diferentes tipos de exposición; ver la figura 10.

La carga de servicio hace referencia a la carga muerta (peso propio + peso de cargas permanentes en la estructura) y a la carga viva (peso de los enseres y las personas).

CONDICIÓN DE EXPOSICIÓN	ANCHO DE FISURA	
	pulg	mm
Aire seco o membrana protectora	0,016.	0,41
Humedad, aire húmedo, suelo	0,012	0,30
Químicos para deshielo	0,007	0,18
Agua de mar, zona de salpique, ciclo húmedo y seco	0,006	0,15
Estructuras de retención de agua*	0,004	0,10

\*Excluye tuberías a presión.

Figura 10.  
Tabla 4.1 del ACI 224R-01, en donde se muestran los anchos de fisura esperados en una estructura de concreto reforzado debido a las cargas de servicio.

La tabla 4.1 del ACI 224R-01 es también aceptada por los europeos, por el CEB y el FIB. CEB: Comité Euro-International du Béton; FIB: Fédération Internationale du Béton.

Incluso el ACI 224R-01 afirma que debe esperarse que una porción de las fisuras en la estructura excedan estos valores con el tiempo. Estas son guías generales para el diseño que deben usarse conjuntamente con un sano juicio de ingeniería. En ausencia de requerimientos específicos como los de la tabla 4.1, un ancho límite de fisura de 0.30 mm es satisfactorio respecto a la apariencia y durabilidad de la estructura.

Cuando se superan estos márgenes de ancho de fisura permitidos (tabla 4.1 del ACI 224R-01) y cuando hay peligro de que entren los agresores comunes del medio ambiente hacia el interior de la estructura, se debe planear una inyección completa de la estructura.



## ¿Quiénes Somos?

**Sika AG**, Suiza, es una compañía de productos químicos especializados con actividad global. **Sika** es proveedor de la industria de la construcción y de los fabricantes de automóviles, autobuses, ferrocarriles y centrales de energía solar y eólica. **Sika** es una empresa líder en la producción de materiales para el sellado, pegado, amortiguación, refuerzo y protección de estructuras. El portafolio de productos de **Sika** consta de aditivos de alta calidad para concreto, morteros especiales, selladores y adhesivos, amortiguación y materiales de refuerzo, sistemas de reforzamiento estructural, pisos industriales, así como sistemas de impermeabilización desde los cimientos hasta los techos.

**CONSTRUYENDO CONFIANZA**



# SOCIO GLOBAL Y LOCAL



## PARA MÁS INFORMACIÓN DE: FISURAS EN EL CONCRETO REFORZADO

**Contacto:** 01 800 123 7452  
[www.sika.com.mx](http://www.sika.com.mx)

Toda la información contenida en este documento y en cualquiera otra asesoría proporcionada, fueron dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de **Sika Mexicana** de los productos siempre y cuando hayan sido correctamente almacenados, manejados y aplicados en situaciones normales y de acuerdo a las recomendaciones de **Sika Mexicana**. La información es válida únicamente para la(s) aplicación(es) y el(los) producto(s) a los que se hace expresamente referencia. En caso de cambios en los parámetros de la aplicación, como por ejemplo cambios en los sustratos, o en caso de una aplicación diferente, consulte con el **Servicio Técnico de Sika Mexicana** previamente a la utilización de los productos **Sika**. La información aquí contenida no exonera al usuario de hacer pruebas sobre los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. En todo caso referirse siempre a la última versión de la Hoja Técnica del Producto en [www.sika.com.mx](http://www.sika.com.mx). Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras condiciones generales vigentes de venta y suministro.

 Sika Mexicana

 @Sika\_Mexicana

### SIKA MEXICANA:

Carretera libre a Celaya km. 8.5  
Fracc. Industrial Balvanera  
Corregidora, Qro. C.P. 76920

**CONSTRUYENDO CONFIANZA**

