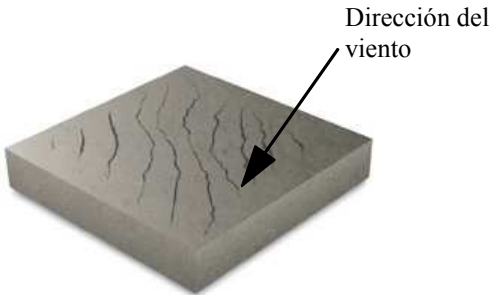

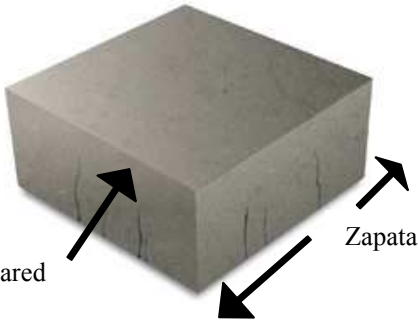





# El Hormigón en práctica: por un hormigón mejor

## SUPERFICIES DE HORMIGÓN CON FISURAS

### 1. ¿Bajo que formas aparecen las fisuras?

El hormigón, al igual que otros materiales de construcción, se contrae y se expande con los cambios en el contenido de humedad y de temperatura. También se desvía dependiendo de la carga y de las condiciones en que se encuentren los materiales de soporte. Cuando dichos movimientos no se prevén en el diseño y construcción de la superficie de hormigón, aparecen fisuras. Algunos tipos de fisuras comunes son los siguientes:

 <p>Dirección del viento</p> <p><b>Figura A:</b> Fisura por retracción plástica</p>	 <p><b>Figura B:</b> Fisuras provocadas por un rejuntado inadecuado</p>
 <p>Pared</p> <p>Zapata</p> <p><b>Figura C:</b> Fisuras debido a una restricción externa continua (Ejemplo: Pared de hormigón vertido <i>in situ</i> limitada en su parte inferior por una zapata)</p>	 <p><b>Figura D:</b> Fisuras en el suelo de un sótano</p>
 <p><b>Figura E:</b> Fisuras irregulares</p>	 <p><b>Figura F:</b> Fisuras de asentamiento</p>

Las fisuras raramente afectan a la integridad estructural. Sin embargo, la mayor parte de las fisuras que se generan aleatoriamente afean las superficies: aunque permiten la penetración del agua, no conllevan un deterioro progresivo. Son, simplemente, antiestéticas.

## 2. ¿Por qué se agrietan las superficies de hormigón?

La mayor parte de las fisuras que aparecen en el hormigón se generan, normalmente, a raíz de un diseño o una construcción inadecuada, como por ejemplo:

- Al no crear juntas de control y de aislamiento y/o llevar a cabo prácticas de rejuntado inadecuadas.
- Al no preparar adecuadamente la capa subrasante.
- Al añadir agua al trabajo.
- Al no proporcionar un acabado adecuado a la superficie.
- Al no realizar un proceso de curado apropiado o ningún tipo de curado.

## 3. Cómo prevenir o minimizar la aparición de fisuras

Todos los hormigones tienen tendencia a agrietarse y no es posible producir sistemáticamente un hormigón que no se agriete. Sin embargo, se puede reducir y controlar su agrietamiento si se toman en consideración las siguientes precauciones:

### Capa subrasante y encofrado

Deben eliminarse la capa superficial de vegetación y los materiales blandos. Independientemente de su naturaleza, el suelo situado bajo el forjado deberá compactarse o presentar un relleno granular. La compactación deberá estar bien realizada, mediante un sistema de rodillos, vibratorio o de apisonamiento. El forjado, y, por tanto, la capa subrasante, deberán estar inclinados para favorecer el drenaje. Las capas subrasante lisas y niveladas contribuyen a evitar el agrietamiento. Asimismo, se deberán construir y arriostrar todos los encofrados de tal forma que puedan resistir la presión del hormigón sin desplazarse. Las barreras de vapor de polietileno aumentan el sangrado y la aparición de fisuras en el hormigón de alto asentamiento. Cubra la barrera de vapor con entre 2 y 5 cm de arena húmeda para reducir el sangrado. Inmediatamente antes de verter el hormigón, humedezca la capa subrasante, el encofrado y el refuerzo.

### Hormigón

En general, utilice un hormigón con un asentamiento moderado (75 mm). Evite tener que reablandarlo. Si se necesita un hormigón de asentamiento mayor, de hasta 150 mm, utilice mezclas especialmente diseñadas para este fin.

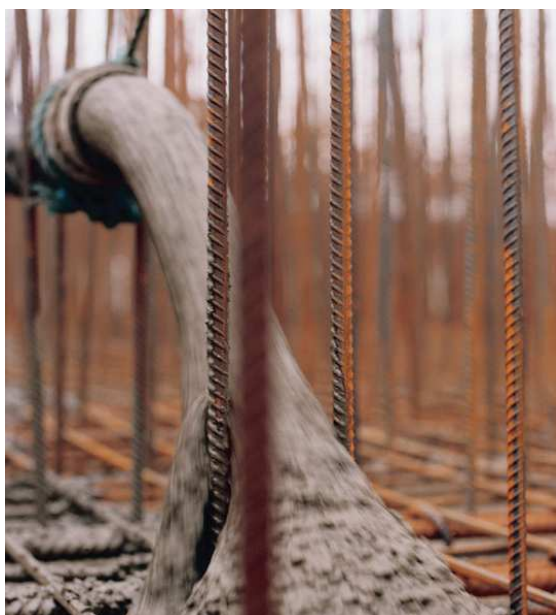
Emplee hormigón con agentes incorporadores de aire para forjados exteriores sometidos a procesos de congelación.

### Acabado

NO lleve a cabo trabajos de acabado si la superficie tiene agua. Tras el recrecido inicial, deberá llevarse a cabo inmediatamente un fratasado completo. Para una mejor retracción de las superficies exteriores, realice un acabado con escobilla. Si la evaporación es excesiva, redúzcala, de alguna forma, para evitar el agrietamiento por retracción plástica. Cubra el hormigón con una arpillera o con capas de polietileno húmedas entre las distintas operaciones de acabado si las condiciones [climáticas, *se entiende*] son extremas.

### Curado

Comience el proceso de curado tan pronto como sea posible. Rocíe la superficie con un componente de curado de membrana líquida o cúbrala con una arpillera humedecida y manténgala húmeda durante, al menos, tres días. Aplicar una segunda capa del componente de curado al día siguiente es una buena forma de garantizar la calidad.



### Juntas

Se preverán los movimientos de contracción o retracción causados por los cambios de temperatura y/o humedad creando juntas centrales al serrar o formar surcos acanalados de  $\frac{1}{4}$  del grosor del forjado y con una separación inferior a 30 veces su grosor. Un espaciado menor de las juntas de control será necesario, con frecuencia, para evitar grandes áreas finas. El largo de un área no deberá exceder en, aproximadamente, 1,5 veces su ancho. Se crearán juntas de aislamiento en aquellos casos en los que haya anticipado una restricción en la libertad de los movimientos verticales u horizontales, como, por ejemplo, en las zonas en las que el suelo se une a paredes, columnas o zapatas. Estas son juntas de gran profundidad que se construyen insertando una barra para evitar la aglutinación del forjado con los otros elementos.

## Cobertura colocada sobre la armadura

Las fisuras que aparecen en el hormigón armado debido a la expansión del óxido en el acero de refuerzo se deberían evitar con una cobertura de hormigón adecuada (al menos, 1 cm) que impida que la sal y la humedad entren en contacto con el acero.



### Referencias:

1. ACI Standard Recommended Practice for Concrete Floor and Slab Construction, ACI 302, ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, 1978.
2. "Causes of Floor Failures," by A.T. Hersey, ACI Journal, June 1973.
3. "Cracks in Concrete: Causes, Prevention, Repair," A collection of articles from Concrete Construction Magazine, June 1973.
4. "Why and How: Joints for Floors on Ground," Report No RP026.01B, Portland Cement Association, Skokie III.

### Sigue estas reglas para minimizar el agrietamiento:

1. Diseñe las distintas partes de tal forma que se anticipe el tratamiento de las cargas.
2. Cree juntas de control y de aislamiento adecuadas.
3. Cuando trabaje con forjados sobre rasante, prepare una capa subrasante adecuada.
4. Vierta el hormigón y realice un acabado conforme a las reglas establecidas.
5. Proteja y realice un curado adecuados del hormigón.

## AGRIETAMIENTO POR RETRACCIÓN PLÁSTICA

### 1. ¿Qué es el agrietamiento por retracción plástica?

Las fisuras por retracción plástica son grietas que aparecen en la superficie de un forjado de hormigón, vertido recientemente, durante las operaciones de acabado o poco después. Estas fisuras suelen ser paralelas las unas a las otras y se generan con una distancia de entre 0,5 y 1 m entre ellas y con una profundidad de entre 0,5 y 1 cm. En raras ocasiones suelen cruzar el perímetro del forjado.

Las fisuras por retracción plástica no suelen afectar a la resistencia de los suelos y pavimentos de hormigón, pero son antiestéticas. Se puede minimizar el desarrollo de este tipo de fisuras si se adoptan las medidas apropiadas antes y durante la construcción.

*(Nota: las fisuras por retracción plástica deberán distinguirse de otras fisuras tempranas o anteriores al fraguado; es decir, fisuras provocadas por el asentamiento del hormigón en los laterales de una barra de refuerzo debido al sangrado o a la resistencia al asentamiento que tienen lugar sobre la barra o debido al movimiento del encofrado. Véase referencia 6.)*



## 2. ¿Por qué se producen las fisuras por retracción plástica?

La explicación más común para la aparición de fisuras por retracción plástica es que el índice de evaporación de la humedad de la superficie excede el índice al que se está reemplazando por agua de sangrado. Esto provoca la retracción de la superficie, mientras que el hormigón plástico subyacente mantiene el mismo volumen. Sin embargo, algunas investigaciones de campo han demostrado que las características del sangrado del hormigón no tienen mayor influencia en el agrietamiento por retracción plástica. Existen pruebas de que todas las masas de cemento se contraen durante la fase de hidratación temprana, lo que produce micro-fisuras muy pequeñas. Cuando el índice de evaporación es alto y el hormigón tiene una resistencia (o rigidez) suficientes para provocar una retracción horizontal, se acentúa la tendencia normal a la aparición de micro-fisuras y se podría generar un agrietamiento plástico perceptible.

A continuación, se exponen ejemplos de condiciones climáticas que aumentan el índice de evaporación y, por tanto, el riesgo de agrietamiento por retracción plástica:

### Descenso de la humedad relativa

Los cambios en la humedad relativa afectan al índice de evaporación. Si la humedad relativa pasa de un 90% a un 50%, el índice de evaporación aumenta cinco veces.

### Incremento de la velocidad del viento

Si, durante el vertido o el acabado de las superficies de hormigón, sopla el viento, aumentará la evaporación de la humedad de dicha superficie. Por ejemplo, un incremento en la velocidad del viento de 0 a 15 kph, cuadruplicará el índice de evaporación.

### Temperatura

Si la temperatura del hormigón y del aire circundante sube, el índice de evaporación aumenta. Por ejemplo, si la temperatura del hormigón y del aire pasa de 10°C a 20°C, el índice de evaporación del agua de la superficie puede duplicarse.

También se puede producir una evaporación rápida, y, por tanto, un agrietamiento plástico, si la temperatura del hormigón es considerablemente mayor a la temperatura del aire (y a la temperatura del “punto de condensación”). Esto puede ocurrir en los climas fríos con el hormigón caliente, incluso si la humedad es alta y el hormigón se vierte en interiores, donde la velocidad del viento es insignificante.

### 3. ¿Cómo minimizar la aparición de fisuras por retracción plástica?

Los intentos de eliminar el agrietamiento por retracción plástica aumentando las características de sangrado del hormigón al incrementar el asentamiento, al utilizar cemento o áridos diferentes o al añadir un retardante no han sido realmente eficaces. Para reducir el agrietamiento por retracción plástica es importante tener en cuenta, antes del vertido, si podrían darse condiciones climatológicas que condujesen al agrietamiento por retracción plástica.

Para evitar su aparición, se pueden adoptar una serie de precauciones:

- Disponer de la mano de obra, de los equipos y de los suministros adecuados para que el hormigón se puede verter y trabajar con rapidez. Si se producen demoras, cubra el hormigón con una arpillera húmeda, con una lámina de polietileno o con papel de impermeabilización entre las distintas operaciones de acabado. Algunos subcontratistas han averiguado que las fisuras por retracción plástica pueden evitarse en los clima secos y cálidos pulverizando un componente de curado a base de caucho clorado, o con una capa monomolecular, sobre la superficie tras las operaciones de recocado y antes del fratasado.
- Comience el curado del hormigón tan pronto como le sea posible. Rocíe la superficie con un componente de curado de membrana líquida o cubra la superficie con una arpillera húmeda y manténgala húmeda continuamente durante, al menos, tres días.
- Si el hormigón tiene que ser vertido sobre una capa subrasante seca o sobre una capa de hormigón vertido previamente, la capa subrasante o de hormigón deberán humedecerse concienzudamente. El encofrado y la armadura también se deberán humedecer.
- La utilización de barreras de vapor bajo un forjado a nivel de tierra incrementa considerablemente el riesgo de agrietamiento por retracción plástica. Si se necesita una barrera de vapor, cúbrala con una capa de 1 cm de arena húmeda.
- Durante periodos secos y calurosos utilice nebulizadores. Levante cortavientos provisionales para reducir la velocidad del viento sobre la superficie de hormigón y, si es posible, coloque parasoles para controlar la temperatura de la superficie del forjado. Si las condiciones son extremas, programe el vertido, de tal manera que se realice a última hora de la tarde.

#### Referencias:

1. *ACI Standard Recommended Practice for Hot Weather Concreting (ACI 305)*. ACI Manual of Concrete Practice, Part 1.
2. *Report on Behaviour of Concrete in Hot Climate*, by R. Shalon, RILEM No 62, March-April 1978.
3. *Plastic Shrinkage*, by W. Lerch, ACI Journal, February 1957.
4. *Control of Rapid Drying of Fresh Concrete by Evaporation Control*, by W.A. Gordon and J.D. Thorpe, ACI Journal, August 1965.
5. *Prevention of Plastic Cracking in Concrete*, Concrete Information #ST 80, Portland Cement Association.
6. *Cracking of Fresh Concrete as Related to Reinforcement*, by P.D. Cady, et al, ACI Journal, August 1975.

Siga estas reglas para minimizar el agrietamiento por retracción plástica:

1. Humedezca la capa subrasante y los encofrados.
2. Evite una evaporación excesiva en la superficie aplicando nebulizadores y levantando cortavientos.
3. Cubra el hormigón con una arpillera húmeda o con láminas de polietileno entre las operaciones de acabado.
4. Emplee hormigón más frío en climas cálidos y evite el sobrecalentamiento del hormigón en los climas fríos.
5. Realice un curado apropiado tan pronto como se haya completado el acabado.