

# El Concreto en la Práctica

¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 1 - El Concreto en la Práctica

### ¿QUE ES la pulverización?

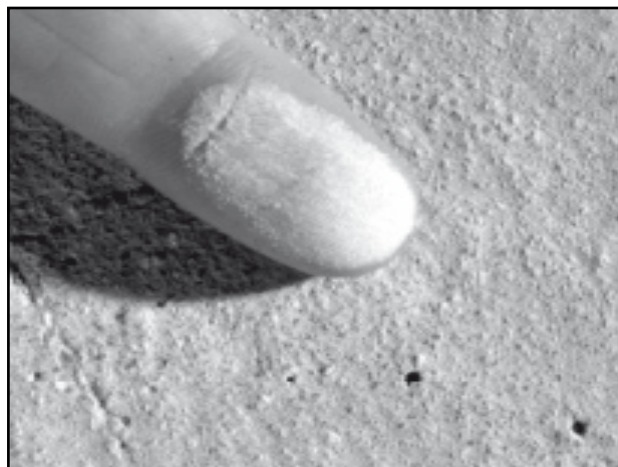
La formación de polvo debido a la desintegración de la superficie del concreto (*hormigón*) endurecido se denomina “pulverización” o “entizado”. Las características de estas superficies son:

- a) **Producen polvo bajo cualquier tipo de tráfico**
- b) **Pueden ser fácilmente raspadas con una uña e incluso se pueden deshacer**

### ¿POR QUÉ se pulverizan los pisos de concreto?

Un piso de concreto genera polvo bajo tráfico, debido a que la superficie de desgaste es frágil. Esta debilidad puede ser causada por:

- a) Cualquier operación de acabado que se efectúe mientras haya presencia de agua de exudación (*sangrado*) sobre la superficie o antes de que el concreto haya terminado de exudar (*sangrar*). El reingreso de esta agua de exudación en  $\frac{1}{4}$  de pulgada (6 mm) de la superficie expuesta de la losa, produce una relación agua/cemento muy alta y por lo tanto una baja resistencia de dicha capa superficial.
- b) El vaciado sobre una sub-base no absorbente o sobre una barrera de vapor de polietileno. Esto reduce la absorción normal de la sub-base, incrementa la exudación y como resultado se incrementa el riesgo de pulverización en la superficie.
- c) Las operaciones de afinado (*revoque*) y/o alisado, que se efectúan a continuación de la condensación de humedad proveniente del aire caliente sobre el concreto frío. En clima frío el concreto fragua lentamente, en particular el concreto en pisos de sótanos. Si la humedad es relativamente alta, el agua se condensará sobre el concreto fresco recién colocado y si su superficie es alisada el agua ingresará en ésta y se generará polvo después de endurecido.
- d) Inadecuada ventilación en espacios cerrados. El dióxido de carbono proveniente de hornillos portátiles abiertos, motores o generadores de gasolina, motovagonetas o motores de camiones mezcladores (revolvedoras),



**Pulverización en la superficie de concreto**

puede provocar una reacción química conocida como carbonatación, que reduce en gran medida la resistencia y dureza de la superficie del concreto.

- e) Curado insuficiente. Esta omisión frecuentemente da lugar a una superficie frágil, que producirá polvo fácilmente bajo tráfico de peatones.
- f) Inadecuada protección del concreto fresco recién vaciado, de la lluvia, de la nieve y de los vientos secos. Si se permite que la superficie del concreto se congele, se debilitará y el resultado será la pulverización.

### ¿CÓMO evitar la pulverización?

- a) Un concreto con el contenido de agua más bajo posible, con un asentamiento (*revenimiento*) adecuado para el vaciado y el acabado, resultará en un concreto resistente, durable, y con superficie resistente al desgaste. En general utilice el concreto con un asentamiento moderado que no exceda 5 pulgadas (125 mm). El concreto con un asentamiento más alto puede ser utilizado si se emplean aditivos en el diseño que produzcan la resistencia requerida sin excesiva exudación (*sangrado*) o segregación. Los aditivos reductores de agua se utilizan típicamente para incrementar el asentamiento manteniendo un bajo contenido de agua en la mezcla. Esto es particularmente importante en clima frío, cuando la demora en el fraguado da lugar a una exudación prolongada.

- b) **NUNCA** riegue o espolvoree cemento seco en la superficie de un concreto plástico para absorber el agua de exudación. En lugar de esto, desaloje el agua de la exudación arrastrando una manguera por encima de la superficie. Una exudación (*sangrado*) excesiva del concreto se puede reducir utilizando un concreto con aire incorporado, modificando las proporciones de la mezcla o acelerando el tiempo de fraguado.
- c) **NO EFECTUE** ningún tipo de operación de acabado con la presencia de agua en la superficie o mientras el concreto continúe exudando. El enrase inicial debe ser rápidamente seguido de un nivelado o alisado. La demora de las operaciones de alisado pueden provocar que el agua de exudación sea incorporada de nuevo dentro de la capa superficial. No utilice un vibrador de alta frecuencia, pues este tiende a provocar un exceso mortero en la superficie. **NO AGREGUE AGUA** a la superficie para facilitar las operaciones de acabado.
- d) No coloque el concreto directamente sobre barreras de vapor de polietileno o sobre sub-bases no absorbentes ya que esto contribuye a crear problemas tales como la pulverización, el descascamiento y la fisuración. Coloque 3 a 4 pulgadas (75 a 100 mm) de un relleno de buena calidad y compactable (como por ejemplo un material de trituración) sobre las barreras de vapor o la sub-base no absorbente, antes de verter el concreto. Cuando existan altas tasas de evaporación, humedezca ligeramente las sub-bases absorbentes justamente antes del vaciado del concreto, asegurándose de que el agua no se acumule en la superficie.
- e) Asegure un curado apropiado mediante la utilización de compuestos curadores de membrana, o cubriendo la superficie con agua, con mantas húmedas u otros materiales de curado tan pronto como sea posible después del acabado, para retener la humedad en la losa. Es importante proteger el concreto del medioambiente durante las primeras horas/días después del vaciado.
- f) La colocación del concreto en clima frío requiere que las temperaturas del material excedan los 50°F (10°C), así como de un aditivo acelerante.

## ¿CÓMO reparar la pulverización?

- a) Aplique chorro de arena (*sandblasting*), chorro de grana ( *impacto de disparo*), o emplee un chorro de agua de alta presión para remover la capa superficial frágil.
- b) Para minimizar o eliminar la pulverización, aplique un producto químico comercial disponible endurecedor de pisos, tales como el silicato de sodio (*vidrio líquido*) o zinc metálico, o fluosilicato de magnesio sobre el concreto completamente seco y de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Si la pulverización persiste, utilice un recubrimiento, como por ejemplo formulaciones de látex, selladores epóxicos o pintura de material cementante.
- c) En casos severos, se puede obtener un piso útil mediante un pulimento húmedo de la superficie hasta el sustrato durable de concreto. Esto puede ser seguido por la colocación de un recubrimiento adecuado que quede bien adherido a dicho sustrato. Si esto no resulta práctico, la solución menos costosa para una generación severa de polvo es una alfombra o un recubrimiento de baldosas de vinilo. Esta opción requerirá de alguna preparación preliminar ya que los adhesivos para los materiales de recubrimiento de pisos no se adhieren a los pisos con problemas de pulverización y el polvo puede penetrar a través de las alfombras.

### Referencias

1. *Guide for concrete floor and slab construction*, ACI 302.1R. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. *Slabs on Grade*, Concrete Craftsman Series CCS-1, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
3. *Concrete slab surface defects: Causes, prevention, repair*, IS177, Portland Cement Association, Skokie, IL.
4. *The effect of various surface treatments, using zinc and magnesium fluosilicate crystals on abrasion resistance of concrete surfaces*, Concrete Laboratory Report No C-819, US Bureau of Reclamation.
5. *Residential Concrete*, National Association of home builders, Washington, DC.

### Siga estas reglas para evitar la pulverización

1. Utilice un concreto de asentamiento moderado que no exceda de 5 pulgadas (125 mm).
2. No comience la operación de acabado mientras el concreto está sangrando.
3. No espolvoree cemento o rocíe agua sobre el concreto antes o durante las operaciones de acabado.
4. Asegure que haya una adecuada ventilación de los gases de escape provenientes de calentadores de gas en espacios cerrados.



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?

Hormigón



## CIP 2 - Descascaramiento de las Superficies de Concreto

### ¿QUÉ es el descascaramiento?

El descascaramiento es la delaminación local o desprendimiento de una superficie terminada de concreto (*hormigón*) endurecido como resultado de su exposición a ciclos de congelación y deshielo. Generalmente comienza en pequeñas zonas aisladas, que después pueden fusionarse y extenderse a grandes áreas. El descascaramiento ligero no expone el agregado grueso. El descascaramiento moderado expone el agregado y puede incluir pérdidas de hasta  $\frac{1}{8}$  o  $\frac{3}{8}$  de pulgada (de 3 a 10 mm) del mortero superficial. En el caso de descascaramientos severos la mayor parte de la superficie se pierde y el agregado está claramente expuesto y sobresale.

### ¿POR QUÉ las superficies de concreto presentan descascaramiento?

Las losas de concreto expuestas a los ciclos de congelación y deshielo en presencia de humedad y/o de sales de deshielo son susceptibles de sufrir descascaramientos. La mayor parte de los mismos son causados por:

- La utilización de concreto con muy poco o sin aire incorporado. Se requiere de una adecuada cantidad de aire incorporado en la mezcla para prevenir daños por los ciclos de hielo/deshielo. Sin embargo, aún el concreto con aire incorporado sufrirá de descascaramientos si no se observan otras precauciones.
- La presencia de cantidades excesivas de sales de cloruro de sodio o calcio en la superficie de concreto, unido a una resistencia, un contenido de aire o un curado inadecuados. Las sustancias químicas tales como el sulfato de amonio, o el nitrato de amonio, que son componentes de la mayoría de los fertilizantes, pueden provocar el descascaramiento y además inducir ataques químicos severos sobre la superficie del concreto.
- Cualquier operación de acabado que se ejecute en presencia de agua de exudación (*sangrado*) sobre la superficie. Si el agua de exudación se reincorpora dentro de la superficie de la losa, se produce una elevada relación agua/cemento y por lo tanto una capa superficial de baja



Descascaramiento de las superficies de concreto

resistencia. El sobretrabajo de la superficie durante el acabado, reducirá el contenido de aire en la capa superficial, haciéndola susceptible al descascaramiento en las condiciones de congelación.

- Curado insuficiente. La falta de curado frecuentemente da lugar a una capa superficial frágil, que sufrirá de descascaramiento si es expuesta a la congelación y el deshielo en presencia de humedad y de sales de deshielo.

### ¿CÓMO evitar el descascaramiento?

- Un concreto expuesto a ciclos de congelación y deshielo debe tener aire incorporado. Los grados de exposición severos requieren de contenidos de aire de un 6 a un 7 por ciento en mezclas de concreto fresco elaboradas con agregados de  $\frac{3}{4}$  pulgadas (19 mm) o de 1 pulgada (25 mm). En grados de exposición moderada, donde no se emplearán sales de deshielo, será suficiente con un 4 a 6 por ciento de aire incorporado. Es necesario utilizar un concreto con aire incorporado de asentamiento (*revenimiento*) moderado (hasta 5 pulgadas o 125 mm) y de calidad adecuada. En general un concreto con resistencia de 3500 libras por pulgada cuadrada (24.5 MPa) para los ciclos de hielo/deshielo y uno de 4.000 libras por pulgada cuadrada (28Mpa) cuando es necesario emplear descongelantes, son suficientes para prevenir el descascaramiento.
- NO utilice sales descongelantes como el cloruro de calcio o de sodio, en el primer año después del vaciado del

concreto. Utilice arena limpia para tracción. Cuando las condiciones lo permitan, extraiga la acumulación de sal depositada por los vehículos sobre las vías de entrada y las losas del garaje. Trate de utilizar dichas sales de la menor forma posible. **Nunca utilice sulfato de amonio o nitrato de amonio como descongelantes** ya que son químicamente agresivos y destruyen las superficies de concreto. Un drenaje pobre, que permita que el agua, o la sal y el agua, permanezcan en la superficie durante extensos períodos de tiempo, incrementa en gran medida la severidad de la exposición y pueden causar descascamientos (Esto ocurre frecuentemente en canales y banquetas donde la nieve mantiene la superficie húmeda por períodos largos de tiempo).

- c) Proporcione al concreto un curado adecuado mediante la utilización de compuestos curadores de membrana, o recubriendo la superficie de las losas recientemente vaciadas con mantas húmedas. El curado asegura una reacción apropiada del cemento con el agua, que se conoce como hidratación, y que permite que el concreto alcance su más alta resistencia potencial.
- d) No ejecute las operaciones de acabado en presencia de agua sobre la superficie. El allanado mecánico debe ser efectuado inmediatamente después del enrase inicial. Demore las operaciones de acabado hasta que toda el agua de exudación (*sangrado*) haya ascendido y desaparezca de la superficie. Es necesario tener mucho cuidado con el concreto con aire incorporado en condiciones de clima seco y con vientos, donde el concreto que exuda continuamente puede aparecer seco en la superficie.
- e) No utilice un vibrador de alta frecuencia o una regla vibratoria, con un concreto de elevado asentamiento, pues estos tienden a formar una capa débil de mortero en la superficie.
- f) Proteja al concreto del medioambiente invernal severo. Es importante prevenir que el concreto recién colocado se torne saturado con agua antes de los ciclos de congelación y deshielo durante los meses invernales. Aplique un sellador para concreto comercialmente disponible en base a silano o siloxano respirable o un repelente al agua (*Hidrófugo*) específicamente diseñado para utilizar sobre losas de concreto. Siga las recomendaciones del fabricante para los procedimientos y la frecuencia de aplicación. Otra opción es una mezcla en proporción 1:1

de aceite de linaza cocido y alcoholes minerales aplicada en dos capas. El concreto debe estar totalmente seco antes de aplicar cualquier sellante. El final del verano es el momento ideal para el tratamiento de la superficie. Los selladores pueden ser aplicados con aspersor, con brocha, o con rodillo sobre la superficie del concreto. **ATENCIÓN:** El aceite de linaza oscurecerá el color del concreto y por lo tanto hay que tener cuidado de aplicarlo uniformemente.

## ¿CÓMO reparar las superficies con descascamientos?

La superficie reparada será tan resistente como la superficie base a la cual está adherida, por lo tanto, la superficie a reparar deberá estar libre de suciedades, aceites o pintura y lo más importante debe estar sana. Utilice cincel y martillo, chorro de arena (*sandblasting*), lavado a alta presión, o taladro para remover todo el material frágil y que no esté sano. La superficie limpia, rugosa y sólida estará entonces lista para un recubrimiento adherido que puede ser:

- a) Recubrimiento de concreto a base de cemento portland
- b) Recubrimiento de concreto modificado a base de látex
- c) Mortero de reparación de base cementante modificado con polímeros

### Referencias

1. *Guide to Durable Concrete*, ACI 201.2R. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. *Scale-Resistance Concrete Pavements*, IS 117.02P, Portland Cement Association. Skokie. IL.
3. *Protective Coatings to Prevent Deterioration of Concrete by Deicing Chemicals*, National Cooperative Highway Research Program Report No. 16.
4. *Guide for Concrete Floor and Slab Construction*, ACI 302.1R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
5. *Residential Concrete*, National Association of home builders, Washington, DC.
6. *Slabs on Grade*, Concrete Craftsman Series CCS-1, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
7. Eugene Goeb, *Deicer Scaling: An unnecessary Problem*, Concrete Products, February 1994

### Siga estas reglas para evitar el descascamiento

1. Para una exposición moderada a severa, utilice un concreto con aire incorporado de asentamiento medio (3 – 5 pulgadas, ó 75 – 125 mm) y cúrelo adecuadamente.
2. No utilice descongelantes en el primer invierno.
3. Cubra la superficie con un sellante comercial o con una mezcla de aceite de linaza cocido y alcoholes minerales.
4. Utilice el momento correcto para todas las operaciones de acabado y evite emplear llanas de acero para las losas exteriores de concreto.
5. Especifique un concreto con aire incorporado, que contenga un aditivo acelerante y que sea colocado a un asentamiento más bajo. En clima frío, la temperatura del concreto debe ser al menos de 50°F (10°C).



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 3 - Resquebrajamiento de las superficies de concreto

### ¿QUÉ es resquebrajamiento? (grietas aleatorias)?

El resquebrajamiento es el desarrollo de una red de finas cuarteaduras o fisuras aleatorias (*grietas*) sobre la superficie del concreto (*hormigón*) o del mortero causadas por la retracción de la capa superficial. Estas grietas son raramente de más de  $\frac{1}{8}$  pulgada (3 mm) de profundidad y son más perceptibles sobre las superficies niveladas con llana metálica. Las áreas hexagonales irregulares encerradas por estas grietas miden por lo general no más de  $1\frac{1}{2}$  pulgadas (40 mm) en todos los sentidos y pueden ser tan pequeñas como de  $\frac{1}{2}$  o  $\frac{3}{8}$  de pulgada (12 o 20 mm) en casos particulares. Generalmente las grietas se desarrollan a edad temprana y son apreciables un día después del vaciado o como mínimo al final de la primera semana. Por lo general no son visibles hasta que la superficie ha sido humedecida y está comenzando a secarse.

Las grietas se relacionan algunas veces con un mapeo o patrón de agrietamiento poco profundo. Ellos no afectan la integridad estructural del concreto y raramente afectan la durabilidad o la resistencia al desgaste. Sin embargo, las superficies agrietadas pueden ser antiestéticas. Ellas son particularmente visibles y desagradables cuando el concreto contiene cloruro de calcio, un aditivo acelerante comúnmente utilizado.

### ¿PORQUÉ las superficies de concreto se cuartean?

La superficie de concreto cuarteada es usualmente el resultado de que una o más reglas de las “buenas prácticas de concreto” no se hayan aplicado. Los casos mas frecuentes son:

a) Un curado pobre o inadecuado. Las condiciones ambientales que conducen a unos ritmos elevados de evaporación, tales como una baja humedad, una alta temperatura, la acción directa de los rayos del sol y



Grieta de las superficies de concreto

vientos fuertes justo sobre la superficie del concreto, cuando el concreto está empezando a ganar resistencia, causa un rápido secado de la superficie dado lugar a cuarteamientos. Evite las demoras en la aplicación del curado o un curado que varíe entre húmedo y seco después que el concreto ha sido terminado.

- b) Mezclas muy húmedas, excesivo alisado, el uso de un vibrador de alta frecuencia o cualquier otro procedimiento que segregue el agregado grueso y produzca una excesiva concentración de pasta de cemento y finos en la superficie.
- c) Efectuar el terminado mientras exista agua de exudación (*sangrado*) sobre la superficie o utilizar una llana de acero en un momento en que la superficie muy lisa provoca la acumulación de mucha agua y finos de cemento. Utilizar una allanadora con agua en la superficie o mientras el concreto continúa exudando (*sangrando*), producirá una elevada relación agua/cemento, el debilitamiento de la capa superficial, que será susceptible al cuarteamiento, a la pulverización y a otros defectos superficiales.

- d) Espolvorear cemento sobre la superficie del concreto para secar la exudación es una causa frecuente de agrietamiento. Esto concentra finos en la superficie. Regar agua sobre la superficie del concreto durante los trabajos de acabado dará como resultado una superficie débil, susceptible al resquebrajamiento y a la pulverización.
- e) Ocasionalmente la carbonatación de la superficie produce grietas, ya que causa retracción de la capa superficial. La carbonatación es una reacción química entre el cemento y el dióxido de carbono o el monóxido de carbono proveniente de calentadores no ventilados. En estos casos la superficie será frágil y también se pulverizará.

## ¿CÓMO prevenir el resquebrajamiento?

- a) Comience el curado del concreto tan pronto como sea posible. Mantenga la superficie húmeda, ya sea por inundación con agua, cubriéndola con mantas húmedas y manteniéndola continuamente húmeda por un tiempo mínimo de 3 días, o aplicando por aspersión sobre la superficie un compuesto de curado formador de membrana. Evite el humedecimiento y secado alternativo de la superficie del concreto a edades tempranas. El curado retiene la humedad requerida para la reacción apropiada del cemento con el agua, denominada hidratación.
- b) Utilice un concreto de asentamiento (*revenimiento*) moderado (3 a 5 pulgadas o sea 75 a 125 mm). Los elevados asentamientos (de hasta 6 o 7 pulgadas, o sea 150 a 175 mm) pueden ser utilizados si la mezcla es

diseñada para obtener la resistencia deseada sin una exudación y/o segregación excesiva. Esto se logra generalmente con el empleo de aditivos reductores de agua .

- c) **NUNCA** espolvoree o disperse cemento seco o una mezcla de cemento y arena fina sobre la superficie del concreto plástico para absorber el agua de exudación. **NO** riegue agua sobre la losa para facilitar el acabado. Elimine el agua de exudación arrastrando una manguera sobre la superficie. **NO EJECUTE** ninguna operación de acabado mientras haya agua de exudación sobre la superficie o antes de que el proceso de exudación se haya completado. **NO** sobrecargue o sobre-termine la superficie.
- d) Cuando exista la posibilidad de tasas elevadas de evaporación, humedezca ligeramente la sub-base antes del vaciado del concreto para evitar que esta absorba mucha agua del concreto. Si se requiere de un retardador de evaporación sobre la sub-base, cúbralo con 3 a 4 pulgadas de un relleno granular compactable, como por ejemplo un material de trituración, para reducir la exudación.

### Referencias

1. *Guide for Concrete Floor and Slab Construction*, ACI 302.1R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. *Concrete Slab Surface, Portland Defects: Causes, Prevention, Repair*, IS177, Portland Cement Association, Skokie, IL.
3. Ward Malish, *Avoiding Common Outdoor Flatwork Problems*, Concrete Construction, July 1990
4. Ralph Spannenberg, *Use the Right Tool at the Right Time*, Concrete Construction, May 1996.

### Siga estas reglas para evitar las grietas

1. Utilice un concreto con asentamiento moderado (3 a 5 pulgadas) con características de reducción de la exudación.
2. Siga las prácticas recomendadas y el tiempo preciso, basado en las características de fraguado del concreto , para el vaciado y las operaciones de acabado:
  - a) Evite la manipulación excesiva de la superficie, que pueda reducir la cantidad de árido grueso, incrementar la pasta de cemento, o incrementar la relación agua/cemento en la superficie.
  - b) **NUNCA** termine el concreto antes de que el mismo haya completado su exudación . **NO** espolvoree cemento sobre la superficie para absorber el agua de exudación. **NO** riegue agua en la superficie mientras se ejecuta la terminación.
  - c) Cuando se requiera alisar con llana de acero, demórelo hasta que el brillo del agua haya desaparecido de la superficie.
3. Cure apropiadamente tan pronto como la nivelación haya sido completada.



# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 4 - Agrietamiento de las superficies de concreto

### ¿CUÁLES son algunas formas de grietas?

El concreto (*hormigón*), al igual que otros materiales de construcción, se contrae y expande con los cambios de humedad y temperatura, y se deforma dependiendo de la carga y de las condiciones de apoyo. Pueden ocurrir grietas cuando no se han tomado las medidas necesarias en el diseño y la construcción para soportar dichos movimientos. Algunas formas comunes de grietas son:

Figura A: Grietas por retracción plástica (Ver CIP 5)

Figura B: Grietas debidas a la colocación de juntas inapropiadas (Ver CIP 6)

Figura C: Grietas debidas a restricciones continuas externas (Ejemplo: muro colocado en un lugar restringido a lo largo del eje del fondo del cimiento)

Figura D: Grietas debidas a la falta de una junta de aislamiento (Ver CIP 6)

Figura E: Grietas en D por congelación y deshielo

Figura F: Resquebrajamiento o grietas aleatorias (Ver CIP 3)

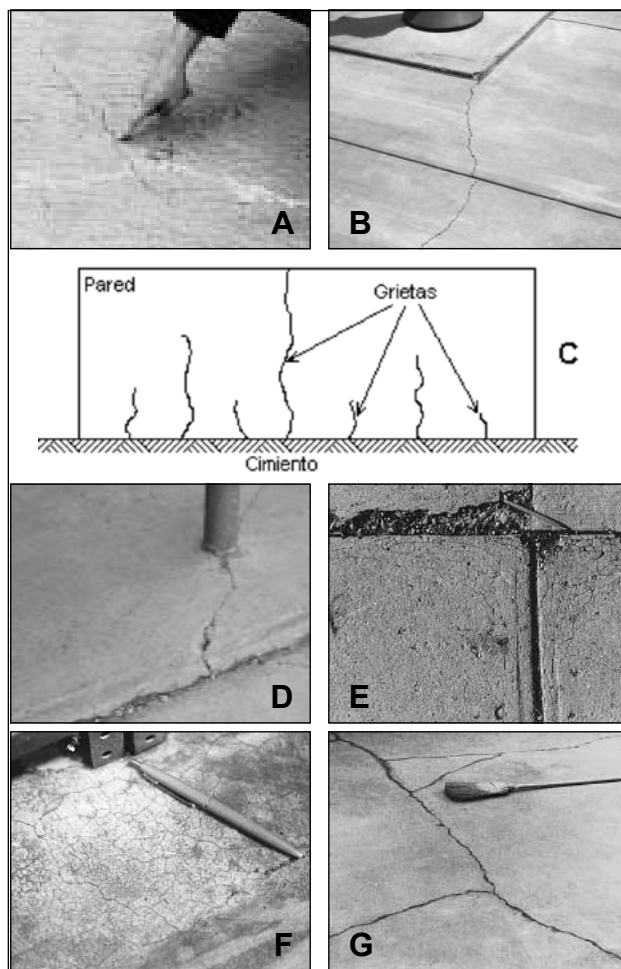
Figura G: Grietas por asentamiento

La mayoría de las grietas aleatorias que aparecen a edad temprana, aunque son antiestéticas, raramente afectan la integridad estructural o la vida útil del concreto. Las grietas con patrones poco espaciados, debidas a la congelación y el deshielo, que típicamente aparecen a edades posteriores, son una excepción y pueden conducir a un deterioro último.

### ¿POR QUÉ se agrietan las superficies de concreto?

La mayoría de las grietas del concreto ocurren usualmente debido a un diseño y a prácticas de construcción inadecuados, tales como:

- Omisión de juntas de contracción y aislamiento y prácticas inadecuadas de realización de juntas.
- Inadecuada preparación de la superficie de colocación.
- La utilización de un concreto de elevado asentamiento o excesiva adición de agua en el lugar.
- Acabado o terminación inadecuada.
- Curado inadecuado o nulo



### ¿CÓMO prevenir o minimizar el agrietamiento?

Todo concreto tiene tendencia a agrietarse y no es posible producir un concreto completamente libre de grietas, sin embargo, el agrietamiento puede ser reducido y controlado si se siguen las prácticas básicas de construcción:

- Sub-base y Encofrado.* Toda la capa vegetal y las zonas blandas deben ser removidas. El suelo debajo de la losa deberá ser un suelo compacto o un relleno granular, bien compactado con rodillo, vibración o apisonado. La losa

y por supuesto la sub-base deben tener pendientes para el drenaje. En el invierno, hay que remover la nieve y el hielo antes de vaciar el concreto y nunca colocarlo sobre una sub-base congelada. Las sub-bases lisas y a nivel ayudan a prevenir el agrietamiento. Todo encofrado debe ser construido y reforzado de manera que resista la presión del concreto para evitar movimiento. Las barreras de vapor que están directamente debajo de una losa de hormigón incrementan la exudación (*sangrado*) y elevan el agrietamiento potencial, especialmente con un concreto de elevado asentamiento (*revenimiento*). Cuando se utiliza una barrera de vapor, cúbrala con 3 a 4 pulgadas de un relleno granular compactable, como por ejemplo un material de trituración, para reducir la exudación. Justo antes de la colocación del concreto, humedezca ligeramente la sub-base, el encofrado y el refuerzo si existen condiciones severas de secado.

- b) *El Concreto*. En general, utilice concreto con moderado asentamiento (no mayor de 5 pulgadas, o sea 125 mm). Evite efectuar el retemplado o acomodo de la mezcla de concreto para incrementar su asentamiento antes del vaciado. Un elevado asentamiento (de hasta 6 ó 7 pulgadas, o sea de 150 a 175 mm) puede ser utilizado si la mezcla está diseñada para aportar la resistencia requerida sin exudación y/o segregación excesiva. Esto se logra generalmente mediante la utilización de un aditivo reductor de agua. Especifique un concreto con aire incorporado para losas exteriores sometidas a la congelación. (Ver CIP 2).
- c) *Terminación*. El enrase inicial deberá ser seguido inmediatamente por el allanado. **NUNCA** ejecute los trabajos de nivelación y alistado con la presencia de agua en la superficie o antes de que el concreto haya completado su exudación. No sobrecargue o sobretermine la superficie. Para una mejor fricción sobre las superficies exteriores utilice un acabado con cepillado (*terminación con escoba*). Cuando las condiciones ambientales conducen a una elevada tasa de evaporación, utilice medios para evitar un rápido secado y con ello el agrietamiento por retracción plástica, mediante barreras de viento, atomizador con agua (*nebulizador*), y cubriendo el concreto con mantas húmedas o con láminas de polietileno entre las operaciones de acabado.
- d) *Curado*. El curado es un paso importante para asegurar un concreto resistente al agrietamiento. Comience a curar

tan pronto como sea posible. Selle la superficie con un compuesto curador de membrana o cúbralo con mantas húmedas y manténgalo mojado como mínimo por 3 días. Una segunda aplicación del compuesto de curado al día siguiente es un buen paso de aseguramiento de la calidad.

- e) *Juntas*. Los cambios volumétricos anticipados, debidos a la temperatura y/o a la humedad deben ser resueltos mediante juntas de construcción o de contracción aserrando, encofrando o ejecutando con herramientas que hagan ranuras de alrededor de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{3}$  del espesor de la losa, espaciados entre 24 a 36 veces dicho espesor. Las juntas hechas con herramientas o cortadas con sierra deben ser ejecutadas en el momento apropiado (*CIP 6*). Se recomienda un espaciamiento máximo de 15 pies (4.57 m) para las juntas de contracción. Las losas o paneles deben ser cuadrados y su longitud no debe exceder de 1,5 veces su ancho. Deben preverse juntas de aislamiento siempre que se anticipen restricciones a la libertad del movimiento vertical u horizontal, como en los casos de pisos que se encuentren con muros, columnas o cimientos. Estas son juntas de la misma profundidad del elemento y se construyen insertando una barrera de algún tipo para evitar la adherencia entre la losa y los otros elementos.
- f) *Recubrimiento sobre el Acero de Refuerzo*. Asegurando suficiente recubrimiento de concreto (como mínimo de 2 pulgadas o 50 mm), para mantener la sal y la humedad fuera del contacto con el acero, se evitarán las grietas en el concreto armado debidas a la expansión del óxido sobre el acero de refuerzo.

---

### Referencias

1. *Control of cracking in concrete structures*, ACI 224R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
  2. *Guide for Concrete Floor and Slab Construction*, ACI 302.1R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
  3. *Concrete Slab Surface, Portland Defects: Causes, Prevention, Repair*, IS177, Portland Cement Association, Skokie, IL.
  4. Grant T. Halvorson, *Troubleshooting Concrete Cracking During Construction*, Concrete Construction, October 1993
  5. *Cracks in Concrete: Causes, Prevention, Repair*. A Collection of articles from Concrete, Construction Magazine, June
- 

### Siga estas reglas para evitar el agrietamiento

1. Diseñe los miembros para soportar todas las cargas previstas.
2. Prevea las juntas apropiadas de contracción y aislamiento.
3. En los trabajos de losas sobre el suelo, prepare una sub-base estable.
4. Coloque y dé acabado al concreto de acuerdo a las prácticas recomendadas y establecidas.
5. Proteja y cure el concreto de forma apropiada.



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 5 - Agrietamiento por Contracción Plástica

### ¿QUÉ es el agrietamiento por contracción plástica?

Las grietas (*fisuras*) por contracción (*retracción*) plástica se forman en la superficie del concreto fresco inmediatamente después de su vaciado (*vertido, colado*) y mientras permanece en estado plástico. Estas grietas aparecen fundamentalmente en las superficies horizontales.

Usualmente son paralelas entre sí a una distancia del orden de 1 a 3 pies (0.3 a 0.9 m), relativamente superficiales, y generalmente no interceptan el perímetro de la losa. Cuando altas tasas de evaporación provocan que la superficie del concreto se seque antes de que haya fraguado, es muy probable que ocurra el agrietamiento por contracción plástica.

Las grietas de contracción plástica son antiestéticas, pero raramente afectan la resistencia o la durabilidad de los pisos de concreto y los pavimentos. El desarrollo de estas grietas puede ser minimizado si se toman medidas apropiadas antes y durante el vaciado y el acabado o terminación del concreto.

(Nota: Las grietas por contracción plástica deben ser distinguidas de otras grietas tempranas o de pre-endurecimiento que son causadas por asentamiento (*reventamiento*) del concreto alrededor de las barras de refuerzo, por movimientos del encofrado, por agrietamiento térmico temprano, o por asentamiento diferencial en un cambio de una sección de concreto fina a otra profunda.)

### ¿POR QUÉ ocurre el agrietamiento por contracción plástica?

Las grietas por contracción plástica son causadas por una rápida pérdida de agua de la superficie del concreto antes de que éste haya fraguado. La condición crítica existe cuando la tasa o velocidad de evaporación de la humedad superficial excede la tasa en el cual el agua de exudación (*sangrado*) que sube puede reemplazarla.

El agua que se encuentra por debajo de la superficie del concreto forma un menisco entre las partículas finas de cemento y de agregados causando una fuerza de tensión que se desarrolla en las capas superficiales. Si la superficie del concreto ha comenzado a fraguar y ha desarrollado suficiente resistencia a la tensión para resistir dichas fuerzas, no se forman las grietas. Si la superficie se seca muy rápidamente, el concreto puede permanecer plástico y las grietas no se desarrollan en ese momento, pero se formarán seguramente



Agrietamiento por contracción plástica

tan pronto como el concreto se endurezca un poco más. La incorporación de un refuerzo de fibras sintéticas en la mezcla de concreto puede ayudar a resistir la tensión cuando el concreto es muy frágil.

Las condiciones que generan altas tasas de evaporación en la superficie del concreto, y por lo tanto incrementan la posibilidad del agrietamiento por contracción plástica, incluyen:

- Una velocidad del viento superior a 5 mph (8 km/h)
- Una baja humedad relativa
- Altas temperaturas ambientales y/o del concreto

Pequeños cambios en cualquiera de estos factores pueden modificar significativamente la tasa de evaporación. El ACI 305 (ref. 1) aporta un gráfico para estimar la tasa de evaporación e indica cuándo se pueden requerir precauciones especiales, sin embargo este gráfico no es infalible porque en la tasa de evaporación están involucrados muchos otros factores.

Las mezclas de concreto con una baja exudación por sí mismas, o con agua de exudación, reducida, son susceptibles al agrietamiento por contracción plástica aún cuando las tasas de evaporación sean bajas. Los factores que reducen la cantidad de exudación son un alto contenido de materiales cementantes, un alto contenido de finos, un contenido reducido de agua, aire incorporado, una elevada temperatura del concreto y las secciones más finas. El concreto que contiene humo de sílice (*microsilice*) requiere particular atención para evitar el secado superficial durante el vaciado.

Cualquier factor que retrase el fraguado incrementa la posibilidad del agrietamiento por contracción plástica. El fraguado retardado puede ser consecuencia de uno o más de los siguientes factores: Tiempo frío, sub-bases frías, alto contenido de agua, bajos contenidos de cemento, retardadores del fraguado, algunos reductores de agua y adiciones de materiales cementantes.

## ¿CÓMO minimizar el agrietamiento por contracción plástica?

Los intentos para eliminar el agrietamiento por contracción plástica modificando la composición para afectar las características de la exudación de una mezcla de concreto no han sido consistentemente efectivos. Para reducir el potencial del agrietamiento por contracción plástica es necesario reconocer a tiempo, antes del vaciado, cuándo existirán las condiciones del tiempo que conducen al agrietamiento por contracción plástica. Entonces pueden tomarse precauciones para minimizar su ocurrencia.

- a) Cuando existan condiciones adversas, levante barreras temporales contra el viento para reducir la velocidad del viento sobre la superficie del concreto y, si es posible, coloque barreras solares para controlar la temperatura de la losa. Si las condiciones son críticas, planifique el vaciado para comenzar por la tarde o temprano en la noche. Sin embargo en condiciones de tiempo muy caliente, el vaciado temprano por la mañana puede ofrecer mejor control sobre las temperaturas del concreto.
- b) En períodos muy calientes y secos, utilice atomizadores (*nebulizadores, aspersores*) de agua para descargar una humedad muy fina en la dirección del viento y sobre el concreto. Los atomizadores de agua reducen la tasa de evaporación de la superficie del concreto y deben ser continuamente utilizados hasta que puedan ser aplicados materiales adecuados de curado.
- c) Si el concreto va a ser colocado sobre una sub-base seca y absorbente en tiempo caliente y seco, humedezca la sub-base, pero no al punto en que tenga agua libre antes del vaciado. El encofrado y el refuerzo también deben ser humedecidos.
- d) El uso de barreras de vapor bajo la losa en el suelo incrementa grandemente el riesgo de agrietamiento por contracción plástica. Si se requiere una barrera de va-

por, cúbrala con 3 a 4 pulgadas de una capa de un relleno granular compactable ligeramente humedecido (ref. 2).

- e) Disponga de la mano de obra apropiada, del equipamiento y de su suministro, de manera que el concreto pueda ser colocado y terminado rápidamente. Si ocurren demoras, cubra el concreto con elementos retenedores de humedad, tales como mantas húmedas, láminas de polietileno, o papel de techo (*kraft*), entre las operaciones de acabado. Algunos contratistas han encontrado que las grietas por contracción plástica pueden ser evitadas en climas calientes y secos, atomizando un retardante de evaporación sobre la superficie detrás de la operación de enrase y continuando con el alisado, si es necesario, hasta que comience el curado.
- f) Comenzar a curar el concreto tan pronto como sea posible. Atomice la superficie con un compuesto curador de membrana, o cubra la superficie con mantas húmedas y manténgala continuamente húmeda como mínimo por 3 días.
- g) Considere la utilización de fibras sintéticas (ASTM C1116) para resistir el agrietamiento por contracción plástica.
- h) Acelere el fraguado del concreto y evite las grandes diferencias de temperatura entre el concreto y el aire.

Si las grietas por contracción plástica aparecieran durante el acabado final, el operario puede cerrarlas volviendo a terminar la superficie, sin embargo cuando esto ocurre, hay que tomar precauciones como las indicadas anteriormente para evitar futuras fisuraciones.

### Referencias

1. *Hot Weather Concreting*, ACI 305R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. *Guide for Concrete Floor and Slab Construction*, ACI 302.1R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
3. *Standard Practice for Curing Concrete*, ACI 308, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
4. *Concrete Slab Surface Defects: Causes, Prevention, Repair*, IS177, Portland Cement Association, Skokie, IL.
5. Bruce A. Suprenant, *Curing During the Pour*, Concrete Construction, June 1997.
6. Eugene Goeb, *Common Field Problems*, Concrete Construction, October 1985.

### Siga estas reglas para minimizar el agrietamiento por contracción plástica

1. Humedezca la sub-base y los encofrados cuando existan condiciones para altas tasas de evaporación.
2. Prevea una excesiva evaporación de humedad de la superficie, mediante la utilización de atomizadores de agua y levantando barreras contra el viento.
3. Cubra el concreto con mantas húmedas o láminas de polietileno entre las operaciones de acabado.
4. Utilice un concreto más frío en clima caliente y evite las temperaturas del concreto excesivamente altas en clima frío.
5. Cure adecuadamente el concreto tan pronto como el acabado se haya completado



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



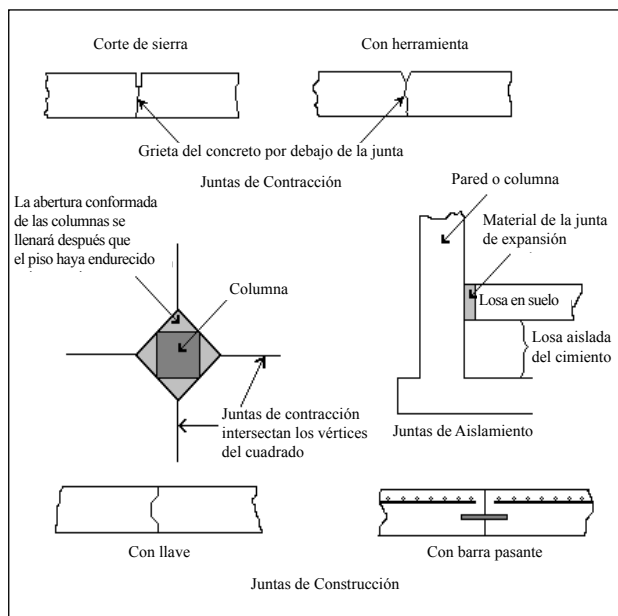
## CIP 6 - Juntas en el concreto. Losas sobre el suelo.

### ¿QUÉ son las juntas?

El concreto (*hormigón*) se expande y se contrae con los cambios de humedad y de temperatura. La tendencia general es a contraerse y esto causa el agrietamiento a edad temprana. Las grietas irregulares son feas y difíciles de manejar, pero generalmente no afectan la integridad del concreto. Las juntas son simplemente grietas planificadas previamente. Las juntas en las losas de concreto pueden ser creadas mediante moldes, herramientas, aserrado y con la colocación de formadores de juntas.

Algunas formas de juntas son:

- Juntas de contracción** – que pretenden crear planos débiles en el concreto y regular la ubicación de grietas que se formarán como resultado de cambios dimensionales.
- Juntas de aislamiento o expansión** – que separan o aíslan las losas de otras partes de la estructura, tales como paredes, cimientos, o columnas, así como las vías de acceso y los patios, de las aceras, las losas de garaje, las escaleras, luminarias y otros puntos de restricción. Ellas permiten los movimientos independientes verticales y horizontales entre las partes adjuntas de la estructura y ayudan a minimizar las grietas cuando estos movimientos son restringidos.
- Juntas de construcción** – Son superficies donde se encuentran dos vaciados (*vertidos*) sucesivos de concreto. Ellas se realizan por lo general al final del día de trabajo, pero pueden ser requeridas cuando el vaciado del concreto es paralizado por un tiempo mayor que el tiempo de fraguado inicial del concreto. En las losas ellas pueden ser diseñadas para permitir el movimiento y/o para transferir cargas. La ubicación de las juntas de construcción debe ser planificada. Puede ser deseable lograr la adherencia y la continuidad del refuerzo a través de una junta de construcción.



- El concreto es frágil frente a cargas de tracción y por lo tanto, si su tendencia natural a retraerse es restringida, pueden desarrollarse esfuerzos de tracción que excedan su resistencia a esta fuerza, dando como resultado el agrietamiento.
- A edades tempranas, antes de que el concreto se seque, la mayoría de las grietas son causadas por cambios de temperatura o por la ligera contracción que tiene lugar cuando el concreto fragua y endurece. Mas tarde, cuando el concreto se seca, el se retraerá adicionalmente y cualquier grieta adicional puede formarse o las grietas preexistentes pueden hacerse más anchas.

Las juntas atenúan las tensiones de tracción, son fáciles de manejar y son menos objetables que las grietas descontroladas e irregulares.

### ¿POR QUÉ se construyen juntas?

Las grietas en el concreto no se pueden prever completamente, pero pueden ser controladas y minimizadas mediante juntas adecuadamente diseñadas. El concreto se agrieta porque:

### ¿CÓMO construir las juntas?

Las juntas deben ser cuidadosamente diseñadas y adecuadamente construidas si se quiere evitar el agrietamiento descontrolado del acabado del concreto. Se deben seguir las siguientes prácticas recomendadas:

- a) El espaciamiento máximo de las juntas debe ser de 24 a 36 veces el espesor de la losa. Por ejemplo, en una losa fina de 4 pulgadas (100 mm) el espaciamiento de las juntas debe ser de unos 10 pies (3 m). Se recomienda además que el espaciamiento de las juntas se limite a un máximo de 15 pies (4.5 m).
- b) Todos los paneles o paños deben ser cuadrados o de forma similar. La longitud no deberá exceder de 1.5 veces el ancho. Evite los paneles en forma de L.
- c) Para las juntas de contracción, la ranura de la junta debe tener una profundidad mínima de  $\frac{1}{4}$  el espesor de la losa, pero nunca menos de 1 pulgada (25 mm). El tiempo de construcción de las juntas depende del método utilizado:
- Se pueden insertar tiras de juntas preformadas plásticas o tableros duros dentro de la superficie del concreto a la profundidad requerida antes de darle el acabado.
  - Las juntas elaboradas con herramientas se hacen tempranamente en el proceso de acabado y se vuelven a repasar más tarde para asegurar que no ocurra adherencia en la ranura.
  - El corte de las juntas en fresco se ejecuta generalmente de 1 a 4 horas después de completarse el allanado, dependiendo de las características de fraguado del concreto. Estas juntas son típicamente no tan profundas como las obtenidas mediante el proceso de aserrado convencional, pero deben ser como mínimo de 1 pulgada (25 mm) de profundidad.
  - El aserrado convencional de las juntas se hace entre las 4 y las 12 horas después de que el concreto ha sido acabado.
- d) La rotura de los bordes durante el aserrado de las juntas está afectado por la resistencia del concreto y las características de los agregados. Si los bordes de la junta se rompen durante el aserrado, éste debe ser retrasado, sin embargo si se retrasa demasiado puede hacerse muy difícil y pueden ocurrir grietas descontroladas.
- e) Utilice relleno de juntas premoldeados como por ejemplo láminas de fibra impregnada con asfalto, una banda de espuma compresible, u otros materiales similares para juntas de aislamiento que separen las losas de los muros de la edificación o de los cimientos. Como mínimo deben preverse unas 2 pulgadas (50 mm) de arena sobre la parte superior de los cimientos para evitar la adherencia con el mismo.
- f) Para aislar las columnas de las losas, se forman aberturas circulares o cuadradas, que no se llenen hasta que el piso haya endurecido. Las juntas de contracción de las losas deben intersectar las aberturas para las columnas. Si se han utilizado aberturas cuadradas alrededor de las columnas, el cuadrado debe estar ubicado a 45 grados, de manera que las juntas de contracción intersecten los vértices del cuadrado.
- g) Si la losa contiene malla de alambre, corte los alambres de forma alterna o preferiblemente discontinúe la malla a lo largo de las juntas de contracción. Note que la malla de alambre no evitará el agrietamiento. La malla tiende a mantener las grietas y las juntas apretadamente cerradas.
- h) Las juntas de construcción en forma de llave (*machihembriada*) en los bordes de la losa permiten transferir las cargas o ayudan a prever el alabeo de los bordes adyacentes. Algunas veces se utilizan llaves de metal galvanizado para losas en interiores, sin embargo se puede utilizar una banda (*tira*) biselada de 1 a 2 pulgadas (25 a 50 mm), clavada al encofrado (*formaleta*), en losas que son de 5 pulgadas (125 mm) como mínimo de espesor, para formar una unión que resistirá las cargas verticales y los movimientos. Las juntas en forma de llave no son recomendables para los pisos industriales. Deben utilizarse barras metálicas pasantes (*pasadores de carga*) en losas que soportarán cargas pesadas. Las barras metálicas pasantes deben ser cuidadosamente alineadas y paralelas o de lo contrario pueden inducir restricciones y causar agrietamiento aleatorio al final de la barra.
- i) Las juntas en los pisos industriales sujetos al tráfico pesado, requieren de especial atención para evitar roturas en los bordes de las juntas. Tales espacios entre los elementos deben llenarse con un material capaz de dar soporte a los extremos de las losas. Deberán comprobarse las recomendaciones de los fabricantes y las evaluaciones y estadísticas de desempeño antes de su utilización.

### Referencias

1. *Joints in Concrete Construction*, ACI 224.3R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. *Guide for Concrete Floor and Slab Construction*, ACI 302.1R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
3. *Slabs on Grade*, ACI Concrete Craftsman Series CCS-1, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
4. *Joint Planning Primer*, Concrete Construction, August 1997.
5. Bruce A. Suprenant, *Sawcutting Joints in Concrete*, Concrete Construction, January 1995.

### Siga estas reglas para hacer las juntas adecuadamente

1. Planee la ubicación exacta de todas las juntas antes de la construcción, incluyendo el momento del aserrado de la junta de contracción.
2. Provea juntas de aislamiento entre las losas y las columnas, muros y cimientos y uniones de las vías de acceso de vehículos, con las aceras, curvas u otras obstrucciones.
3. Prevea juntas de contracción y materiales de llenado de juntas como en las especificaciones suministradas.



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 7 - Grietas en las paredes de concreto de los sótanos

### ¿QUÉ tipos de grietas pueden ocurrir?

Los sótanos de concreto fundidos in-situ o vaciados en el lugar, aportan un espacio útil extra para habitar, duradero y de alta calidad. A veces es allí donde ocurren grietas indeseables que son el resultado de:

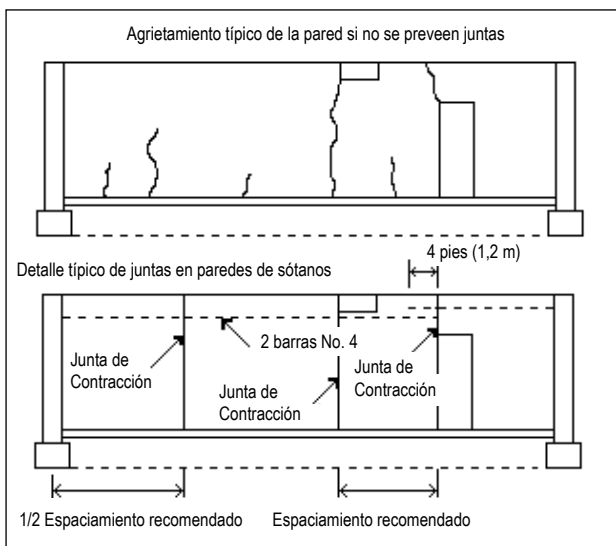
- Grietas por temperatura y retracción por secado. Con algunas excepciones, el concreto recién vaciado (*vertido*) tiene el volumen más grande que puede tener. La tendencia a la retracción se incrementa por excesivo secado y/o un descenso significativo en la temperatura puede conducir a un agrietamiento aleatorio si no se han dado pasos para controlar la ubicación de las grietas mediante juntas de control. Cuando el cimiento y la pared son vaciados en momentos diferentes, las velocidades de retracción difieren y el cimiento restringe la retracción en la pared causando agrietamiento. La falta de prácticas adecuadas de curado pueden también dar lugar a agrietamientos.
- Las grietas de asentamiento (*revenimiento*). Estas ocurren debido a las existencia de soportes no uniformes de los cimientos y ocasionalmente debido a suelos expansivos.
- Otras grietas estructurales. En los sótanos estas grietas ocurren durante el relleno de los bordes exteriores, particularmente cuando equipos pesados se ubican muy cercanos a las paredes.
- Grietas debido a la falta de juntas o a una inadecuada práctica de diseño de juntas.

### ¿POR QUÉ se agrietan los sótanos?

En los muros de sótanos de concreto es normal la presencia de alguna fisuración. La mayoría de los constructores o los proveedores secundarios ofrecen garantías limitadas para los sótanos. Una garantía típica requerirá reparar sólo las grietas que excedan de lo siguiente:

de grieta	Ancho vertical	Desplazamiento
Paredes del sótano.....	1/8" (3 mm)	-
Pisos del sótano.....	3/16" (4.7 mm)	1/8" (3 mm)
Losas de garaje.....	1/4" (6.3 mm)	1/4" (6.3 mm)

La Asociación Nacional de Constructores de Viviendas de EEUU, exige reparar o aplicar acciones correctivas, cuando las grietas en las paredes de los sótanos, permiten que el agua exterior escurra dentro del sótano.



Si se siguen las siguientes prácticas, la fisuración se minimizará:

- Se cuenta con un suelo portante o de soporte uniforme.
- El concreto es colocado con un asentamiento moderado, de hasta 5 pulgadas (125 mm) y no se añade agua excesiva en el lugar de trabajo antes del vaciado.
- Se siguen las prácticas apropiadas de construcción.
- Se garantiza el control de las juntas cada 20 a 30 pies (6 a 9 m).
- El relleno exterior de la pared se hace cuidadosamente y, si es posible, se espera hasta que el primer piso sea vaciado (*colado*) en clima frío. (El concreto adquiere resistencia a un ritmo más bajo en invierno).
- Se siguen las prácticas adecuadas de curado.

### ¿CÓMO construir sótanos de calidad?

Dado que el desempeño de los sótanos de concreto se afecta por las condiciones ambientales, cargas anormales, calidad de los materiales y mano de obra, deben ejercerse siempre su diseño y construcción con cuidado. Los pasos siguientes deben tenerse en cuenta:

- Condiciones en el lugar y excavación.** Los estudios del suelo deben ser lo suficientemente cuidadosas para asegurar

el diseño y la construcción de los cimientos en correspondencia con el lugar de construcción. La excavación debe ser hasta el nivel del fondo del cimiento. El suelo o relleno granular por debajo del área total del sótano será bien compactado mediante rodillo, vibración o apisonado. Los cimientos deben ejecutarse sobre un suelo inalterado o no perturbado.

- b) **Encofrado y refuerzo.** Todos los encofrados deben ser contruidos y reforzados de manera que puedan soportar la presión del concreto plástico. Es efectivo el refuerzo en el control de las grietas por retracción y es especialmente beneficioso donde se esperen presiones laterales desiguales contra las paredes. Observe los Códigos estatales y locales y las guías para el espesor de la pared y el refuerzo.
- c) **Juntas.** El agrietamiento de las paredes del sótano por retracción y temperatura puede ser controlado por medio de juntas colocadas y formadas adecuadamente. Por experiencia práctica, en paredes de 8 pies (2,5 m) de altura y 8 pulgadas (200 mm) de espesor del muro, deben ubicarse juntas verticales de control a un espaciamiento de alrededor de 30 veces el espesor del muro. Estas juntas de pared pueden ser formadas clavando una tira de madera, metal, plástico, o goma, de ¾ pulgada (20 mm) de espesor, biselada a partir de ¾ a ½ pulgada (20 a 12 mm) en ancho, dentro del encofrado del muro, tanto en la parte interior como exterior. La profundidad de las ranuras deberá ser como mínimo de ¼ del espesor de la pared. Después de remover la tira, las ranuras deben ser selladas con un relleno de juntas de buena calidad. Para vaciados de grandes volúmenes o con cambios abruptos en los espesores de la pared, se deben prever juntas de construcción adheridas antes de la ejecución. Las juntas de construcción pueden ser horizontales o verticales. El refuerzo de la pared continúa a través de la junta de construcción.
- d) **Concreto.** En general, utilice concreto con un asentamiento moderado de hasta 5 pulgadas (125 mm). Evite efectuar el retemplado con agua antes del vaciado del concreto. El concreto con un elevado asentamiento puede ser empleado si la mezcla ha sido específicamente diseñada para producir la resistencia requerida sin una excesiva exudación (*sangrado*) y/o segregación. Se pueden utilizar aditivos reductores de agua para este propósito. En áreas donde el clima es severo y las paredes pueden ser expuestas a la humedad y a temperaturas de congelación, debe ser utilizado un concreto con aire incorporado.
- e) **Vaciado y curado.** Coloque el concreto de forma continua para evitar la formación de juntas frías. Si el concreto tiende a exudar (*sangrar*) y segregar deberá ser utilizado un asentamiento más bajo y deberá colocarse en el encofrado cada 20 ó 30 pies (6 a 9 m) alrededor del perímetro de la pared. Los concretos de mayor asentamiento que no exudan o segregan fluyen horizontalmente a largas distancias y reducen el número de puntos requeridos para acceder al encofrado. El curado debe comenzar inmediatamente después del acabado. Los encofrados (*moldajes*) deben permanecer en el lugar durante siete días o tanto tiempo como sea posible.

Si los encofrados son removidos después de 1 día, puede ocurrir un secado prematuro de la superficie del concreto y esto puede a su vez causar agrietamiento. En general, la aplicación de un compuesto curador de membrana, o de mantas de aislamiento, inmediatamente después de la remoción de los encofrados ayudará a prevenir el secado y dará como resultado una mayor durabilidad superficial. (Ver el CIP 11 sobre Curado). En tiempo frío, los encofrados deben ser aislados o temporalmente cubiertos con materiales aislantes para conservar el calor de hidratación y evitar la utilización de una fuente externa de calor. (Ver el CIP 27 sobre el vaciado (*colado*) en clima frío). En clima caliente y seco, los encofrados deben estar a la sombra o ser cubiertos. Tan pronto como sea posible, después de que los encofrados sean removidos se deben aplicar mantas húmedas, compuesto curador de membrana aplicado por aspersión de manera que cubra toda la superficie que lo requiera. (Ver el CIP 12 sobre vaciado en clima caliente).

- f) **Impermeabilización al agua y drenaje.** Aplique por aspersión o pinte el exterior de las paredes con materiales a prueba de agua o utilice membranas impermeabilizantes. Garantice el drenaje de la cimentación instalando canales de desagüe o tuberías plásticas alrededor del exterior de la cimentación, entonces cubra con un relleno granular limpio a una altura de 1 pie como mínimo antes del relleno de soporte. El agua debe ser drenada a puntos más bajos apropiados para recibir aguas de escorrentía.
- g) **Relleno posterior y pendiente.** El relleno posterior debe ser ejecutado cuidadosamente para evitar daños en las paredes. Refuerce las paredes o, si es posible funda el primer piso antes de efectuar el relleno. Para drenar el agua superficial fuera del sótano debe hacerse una pendiente de caída de ½ a 1 pulgada por cada pie (40 a 80 mm por metro) en un tramo mínimo de 8 a 10 pies (2,5 a 3 m) alejado de la cimentación.
- h) **Reparación de grietas.** En general para reparar grietas estables se puede utilizar técnicas de inyección de epoxicos, sellantes en seco (*drypacking*) o haciendo ranuras (*regatas*) y sellado. Antes de reparar las grietas con filtraciones, deberá ser chequeado el drenaje alrededor de la estructura y corregirlo si es necesario. Los detalles de estos y otros métodos de reparación se indican en la Referencia 1. Las grietas activas deben ser reparadas sobre la base de consejos profesionales.

---

## Referencias

1. *Causes, Evaluation and Repair of Cracks*, ACI 224.1R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. *Joints in Concrete Construction*, ACI 224.3R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
3. *Residential Concrete*, National Association of Home Builders, National Association of Home Builders, Washington, DC.
4. *Residential Construction Performance Guidelines*, National Association of Home Builders, Washington, DC.
5. *Solid Concrete Basement Walls*, National Ready Mixed Con-



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 8 - Discrepancias con el rendimiento

### ¿QUÉ es el rendimiento del concreto?

El rendimiento del concreto (*hormigón*) se define como la cantidad de mezcla fresca de concreto que se obtiene a partir de una dosificación conocida de insumos (*ingredientes*). El concreto premezclado se vende sobre la base del volumen de concreto en estado plástico en yardas cúbicas (yd<sup>3</sup>) o metros cúbicos (m<sup>3</sup>) que se descarga de un camión mezclador.

La base para el cálculo del rendimiento está descrita en la ASTM C94, “Especificaciones para el Concreto Premezclado”. El rendimiento de mezcla fresca de concreto en estado plástico de una carga se determina dividiendo el peso total de los materiales entre el peso unitario promedio o la densidad del concreto, determinada de acuerdo con la ASTM C138. Deben hacerse tres ensayos de peso unitario, cada uno a partir de un camión mezclador diferente.

La Norma ASTM C94 dice: “*Debe comprenderse que el volumen de concreto endurecido puede ser, o parecer menor que el esperado, debido a las pérdidas y desperdicios, sobre-excavaciones, expansión de los encofrados, alguna pérdida de aire incorporado y acomodación (asentamiento) de las mezclas húmedas, ninguna de las cuales es responsabilidad del productor*”.

Además, el rendimiento del concreto endurecido en el lugar puede ser alrededor de un 2% que su volumen en estado fresco debido a la reducción en el contenido de aire, el asentamiento (*revenimiento*) que sufre la mezcla y la exudación (*sangrado*), así como la disminución en volumen del cemento y el agua y la retracción por secado.

### ¿POR QUÉ ocurren problemas con el rendimiento?

La mayor parte de las quejas del rendimiento son concernientes a una deficiencia percibida o real de la cantidad del concreto. Asuntos relacionados con el rendimiento deben ser evaluados empleando medidas de peso. Problemas de menores volúmenes aparentes ocurren cuando se ordena insuficiente cantidad de concreto para llenar los encofrados (*cimbras*) o cuando no se llevan las cuentas por los imprevistos que se discutirán más adelante. Si los cálculos del

Muestrear 3 Camiones Mezcladores (*hormigoneras*)  
Determinar el Peso Unitario de cada Muestra

**ASTM C 138 - Ensayo del Peso Unitario**  
Llene un contenedor de peso unitario en 3 capas  
Compacte con una varilla 25 veces; golpee los lados con un martillo  
Enrase con una lámina plana; limpie la superficie exterior y pese

Compacte en 3 capas      Enrase con una lámina plana      Pese

$$\text{Peso Unitario, lb/ft}^3 \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Neto del Hormigón, lb(kg)}}{\text{Volumen del recipiente, pie}^3\text{(m}^3\text{)}}$$

$$\text{Peso Unitario Promedio} = \frac{\text{PU1} + \text{PU2} + \text{PU3}}{3} \text{ lb/pie}^3 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Rendimiento de la amasada Yd}^3 = \frac{\text{Peso de la amasada, lb}}{27 \times \text{Peso Unitario Promedio, lb/pie}^3}$$

$$\text{Rendimiento de la amasada m}^3 = \frac{\text{Peso de la amasada, kg}}{\text{Peso Unitario Promedio, kg/m}^3}$$

peso unitario y el rendimiento indican un volumen inferior real, este debe ser corregido.

Las insuficiencias aparentes en el rendimiento del concreto son algunas veces causadas por las siguientes razones:

- Un mal cálculo del volumen del encofrado o del espesor de la losa, cuando las dimensiones reales exceden las asumidas por una fracción de una pulgada. Por ejemplo, un error de 1/8 de pulgada (3 mm) en una losa de 4 pulgadas (100 mm) pudiera significar una insuficiencia en el pedido de concreto de un 3% o de 1 yd<sup>3</sup> en un volumen de 32 yd<sup>3</sup> (o sea 1 m<sup>3</sup> en un volumen de 29,5 m<sup>3</sup>).
- Deformaciones o distorsiones en los encofrados (*cim-*

bras) como resultado de la presión ejercida por el peso del concreto.

- c) Una sub-base irregular, la colocación sobre un relleno granular y el asentamiento de la sub-base antes del vaciado.
- d) En la ejecución de un trabajo de gran volumen, las cantidades pequeñas de concreto que son devueltas cada día o utilizadas en zonas sin pavimento o en cimientos incidentales.

Un mayor rendimiento puede ser indicativo de un problema, si el exceso de concreto es causado por cantidad excesiva de aire incorporado o de agregados, o si los encofrados no han sido llenados adecuadamente.

Las diferencias en los pesos del diseño de los insumos (*ingredientes*) y en el contenido de aire del concreto, dentro de las tolerancias permitidas, puede dar como resultado discrepancias en el rendimiento.

### ¿CÓMO se pueden prevenir las discrepancias con el rendimiento?

Para prevenir o minimizar los problemas de rendimiento:

- a) Verifique antes de comenzar el rendimiento del concreto midiendo su peso unitario de acuerdo con la ASTM C138. Repita estos ensayos si surge el problema. Esté seguro de que la báscula es precisa, de que el recipiente de peso unitario está adecuadamente calibrado, que se enrasa con una superficie plana y que el recipiente se limpia antes de pesarlo. El rendimiento del cemento en pies cúbicos (m<sup>3</sup>) es el peso total de la mezcla en libras (kg) dividida entre el peso unitario en libras por pie cúbico (kg/m<sup>3</sup>). El peso total es la suma de los pesos individuales de todos los insumos del diseño. Como una verificación a grosso modo el camión mezclador puede pesarse lleno y vacío. La diferencia es el peso total de la mezcla contenida en el mismo.
- b) Mida el encofrado con precisión, al finalizar un vaciado muy extenso, mida cuidadosamente el volumen que falta, de manera que la orden para los últimos 2 ó 3 camiones pueda ser ajustada para garantizar la cantidad requerida de concreto. Esto puede evitar la espera por cantidades

pequeñas ordenadas de ½ yd<sup>3</sup> (0.4 m<sup>3</sup>), después de que la planta ha cerrado o los camiones mezcladores han sido asignados a otros trabajos. Ordene suficiente cantidad de concreto para completar el trabajo y reevaluar la cantidad requerida hacia el final del vaciado. El desecho de concreto excedente tiene consecuencias económicas y ambientales para el productor de concreto.

- c) Estime el concreto extra necesario por pérdidas y por dimensiones incrementadas del vaciado sobre las dimensiones nominales. Calcule de 4 a 10% sobre las dimensiones planificadas por pérdidas, sobre-excavación y otras posibles causas. Las operaciones repetitivas y las operaciones de encofrados deslizantes permiten estimar de forma más aproximada la cantidad de concreto que será necesaria. Por otro lado, las operaciones esporádicas que incluyen una combinación de usos de concreto tales como losas, cimientos, paredes y rellenos incidentales alrededor de tuberías, etc., requerirá una asignación mayor para imprevistos.
- d) Construya y refuerce los encofrados para minimizar las deformaciones o distorsiones.
- e) Para losas sobre el terreno, termine y compacte con precisión la sub-base al nivel apropiado.

### Referencias

1. ASTM C94, *Standard Specification for Ready Mixed Concrete*, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
2. ASTM C138, *Standard Test Method for Unit Weight, Yield and Air Content (Gravimetric) of Concrete*, American Society for Testing and Materials.
3. *Ready Mixed Concrete*, Gaynor, R.D. NRMCA Publication 186, NRMCA, Silver Spring, Maryland.
4. *No Minus Tolerance on Yield*, Malisch, W.R. and Suprenant, B.A., Concrete Producer, May 1998.
5. *Causes for Variation in Concrete Yield*, Suprenant, B.A., The Concrete Journal, March 1994.
6. *An Analysis of Factors Influencing Concrete Pavement Cost*, by Harold J. Halm, Portland Cement Association Skokie, Illinois.

### Siga estas reglas para evitar un rendimiento inferior

1. Mida el volumen necesario con precisión. Reevalúe el volumen requerido frente al final del vaciado e informe al productor de concreto
2. Estime la pérdida y el incremento potencial del espesor- ordene más cantidad que la calculada por lo menos un 4 a un 10 %.
3. Para chequear el rendimiento utilice el método de ensayo del peso unitario según la ASTM C138 sobre tres muestras tomadas de tres diferentes cargas – El rendimiento es el peso total de la mezcla dividido entre el promedio del peso unitario o densidad.



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 9 - Baja resistencia en los cilindros de prueba de concreto

### ¿QUÉ constituyen los cilindros (probetas) con baja resistencia?

Los resultados de los ensayos de resistencia de los cilindros de concreto (*hormigón*) son utilizados como la base de la aceptación del concreto premezclado cuando se especifica una resistencia. Los cilindros son moldeados a partir de una muestra de concreto fresco, se curan en condiciones normalizadas y se ensayan a una edad particular, tal como se indica en la especificación, usualmente a los 28 días. Los procedimientos deben estar de acuerdo con las normas ASTM. La resistencia promedio de un grupo de 2 ó 3 cilindros hechos de la misma muestra de concreto y ensayadas a 28 días, constituye un ensayo. En algunos casos los cilindros son ensayados a 7 días para tener una indicación temprana de la resistencia potencial, pero estos resultados no son utilizados para la aceptación del concreto. Los cilindros utilizados para la aceptación del concreto no deben ser confundidos con los cilindros curados en el campo, que se hacen para chequear la resistencia a edad temprana en la estructura para desencofrar y continuar la actividad de construcción.

El Código ACI de la edificación, ACI 318 y las Especificaciones normativas para el concreto estructural, ACI 301, reconocen que cuando las mezclas son proporcionadas para cumplir los requerimientos de las normas, los resultados con baja resistencia ocurrirán alrededor de uno o dos por cada 100 ensayos debido a una variación normal.

De acuerdo con lo anterior, para una resistencia especificada menor de 5000 libras por pulgada cuadrada (35 MPa), el concreto es aceptable y cumple con la especificación si:

- Ningún valor individual de ensayo es menor que la resistencia especificada en más de 500 libras por pulgada cuadrada (3,5 MPa), y
- El promedio de tres ensayos consecutivos iguala o excede el valor de la resistencia especificada.

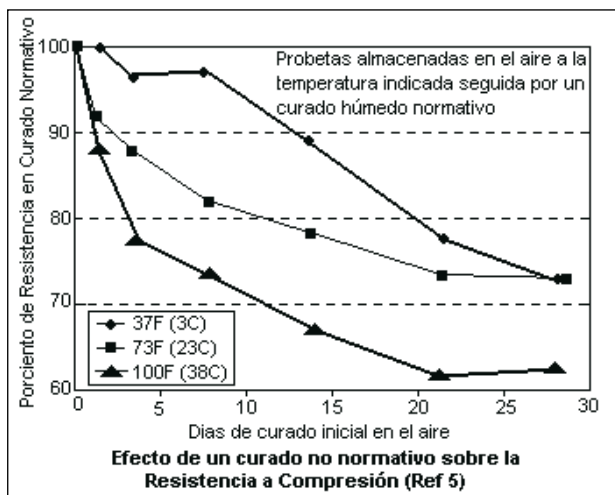
Vea el ejemplo en la tabla. Si un promedio de tres ensayos consecutivos en secuencia cae por debajo de la resistencia especificada, deben hacerse suficientes ajustes para incrementar la resistencia del concreto. Si un ensayo individual cae por debajo de la resistencia especificada en más de 500 libras por pulgada cuadrada (3,5 MPa), se deberá hacer una investigación para asegurar la suficiencia estructural de esa porción de la estructura y de nuevo dar pasos concretos para incrementar el nivel de resistencia.

### ¿POR QUÉ se presentan resultados bajos en los ensayos de resistencia a compresión?

Dos razones principales son:

- Una manipulación, curado y ensayo inapropiados de los cilindros – Se ha probado que contribuye en la mayoría de los casos a resultados de baja resistencia y
- Reducida resistencia del concreto debido a un error en la producción, o a la adición de mucha agua al concreto en la obra debido a demoras en el vaciado o a requerimientos para un concreto más fluido. Un elevado contenido de aire incorporado también puede ser una causa de baja resistencia.

En el caso de resultados de ensayo con baja resistencia, reúna



todos los reportes y analice los resultados antes de tomar cualquier acción. Observe el patrón de los resultados de los ensayos. ¿Viola realmente la secuencia la conformidad con las especificaciones tal como se discutió anteriormente? ¿Dan los reportes de ensayo alguna pista sobre las causas?. El rango de resistencia de 2 o 3 probetas preparadas a partir de la misma muestra raramente excederían de un 8.0% o un 9.5% del promedio, respectivamente. Observe el asentamiento (*reventamiento*), el contenido de aire, el concreto y las temperaturas ambientales, el número de días en que los cilindros estuvieron en el campo, los procedimientos utilizados para el curado inicial en el campo y el curado subsecuente en el laboratorio y cualquier defecto reportado en los cilindros.

### ACEPTACIÓN DEL CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA DE 28 MPa

Ensayo No.	Probetas Individuales		Promedio del ensayo	Promedio de 3 ensayos consecutivos
	No. 1	No. 2		
<b>Ejemplo Aceptable</b>				
1	28.3	29.4	28.8	—
2	26.5	28.1	27.3	—
3	30.5	30.7	30.6	28.9
4	25.3	26.4	25.8	27.9
5	31.8	31.5	31.6	29.3
<b>Ejemplo con baja resistencia</b>				
1	24.9	24.5	24.7	—
2	27.4	27.9	27.6	—
3	28.1	27.5	27.8	26.7*
4	33.5	32.4	32.9	29.4
5	23.4	21.4	22.4†	27.7

\* El promedio de tres ensayos consecutivos es bajo

† Un ensayo con más de 3.5 MPa por debajo

Si la deficiencia justifica la investigación, en primer sitio verifique la precisión del ensayo y entonces compare los requerimientos estructurales con la resistencia medida. Si el ensayo es deficiente o si la resistencia es mayor que la que realmente se necesita en esa porción de la estructura, hay muy poco a favor de la investigación de la resistencia en el sitio. Sin embargo, si los procedimientos están conforme a las normas y una resistencia como la especificada es la que se requiere para la capacidad estructural del miembro en cuestión, pueden ser requeridas investigaciones posteriores del estado del concreto en la estructura. (*Ver el CIP-10 acerca de La Resistencia del Concreto en el sitio*).

¿Se ejecutaron los procedimientos de ensayo de acuerdo con las Normas ASTM? Pequeñas deficiencias en el curado de los cilindros en un tiempo moderado probablemente no afectarán mucho, pero si son descubiertas alteraciones mayores, pueden ocurrir grandes reducciones en la resistencia. Casi todas las deficiencias en la manipulación y el ensayo de los cilindros bajarán la resistencia. Se puede combinar un número de violaciones para causar reducciones significativas en la resistencia medida. Algunos de los factores más significativos son las superficies terminadas inapropiadamente, un curado inicial por encima de los 80°F (27°C); probetas congeladas; estancia de días extras en el campo; impactos durante el transporte; demoras en el curado en el laboratorio; refrentado (**cabezeo de cilindros**) inapropiado y un insuficiente cuidado en la realización de los ensayos.

El laboratorio debe mantener la responsabilidad por las deficiencias en sus procedimientos. El empleo de técnicos y personal de laboratorio certificados en los ensayos de campo es esencial; los trabajadores de la construcción no entrenados en los ensayos del concreto no deben fabricar ni manipular los cilindros. Todos los laboratorios deben cumplir con los criterios de la ASTM C1077 para los laboratorios de ensayo del concreto y de los agregados para el concreto y ser inspeccionados por el Laboratorio de Referencia para el Cemento y el Concreto (CCRL), un laboratorio de inspección o un programa equivalente. El personal de los ensayos de campo debe tener el Grado I del ACI de Certificación de los Técnicos para los ensayos de campo, o equivalente. El personal de laboratorio debe tener el Grado I y II del ACI de Certificación de los Técnicos para los ensayos de laboratorio y/o la Certificación para los ensayos de resistencia del ACI, o equivalente.

## ¿CÓMO hacer que los ensayos de los cilindros sean estandarizados?

Todos los pasos detallados para la obtención de una muestra, a través de la fabricación (moldeo), curado, transporte, ensayo y reporte de los ensayos de resistencia, son importantes. A continuación se expondrán los procedimientos críticos en la aplicación adecuada de las Normas (estándares) ASTM para los ensayos de resistencia en los cilindros fabricados en el campo y curados en el laboratorio.

- a) Extraer la muestra de concreto de la canal en dos incrementos, a partir de la parte media de la carga, después de que una parte ha sido descargada.
- b) Transporte la muestra a la ubicación del curado durante el primer día
- c) Remezcle la muestra para asegurar su homogeneidad
- d) Utilice los moldes de los cilindros que estén conformes a las normas
- e) Utilice una varilla normalizada, o un vibrador, compacte el concreto en dos o tres capas iguales, tal como se requiere y golpee los laterales del molde para cerrar los huecos dejados por la varilla.
- f) Termine la superficie de forma lisa y nivelada para dar posibilidad a un refrentado (*cabezeo*) fino.
- g) Si es necesario, mueva los cilindros inmediatamente después de moldeadas, soportándolas por el fondo.
- h) Para el curado inicial de los cilindros en el sitio de trabajo durante las primeras 24 a 48 horas, almacene los cilindros en un ambiente húmedo, a una temperatura entre 60 a 80°F (16 a

27°C). Si es posible, mantenga los cilindros moldeados inmersos en agua y manténgalos dentro de este rango de temperatura. Los cuartos o sitios de curado sin control de la temperatura pueden sobrecalentarse y dar sitio a resistencias más bajas.

- i) Si los cilindros son almacenados expuestos al medioambiente, manténgalos fuera de la exposición de los rayos solares y protéjalos de la pérdida de humedad.
- j) Transporte cuidadosamente los cilindros de un día de edad al laboratorio y manipúlelas delicadamente.
- k) En el laboratorio, desmolde los cilindros, póngales un marca clara de identificación y colóquelos rápidamente en curado húmedo a  $73 \pm 3^\circ\text{F}$  ( $23 \pm 2^\circ\text{C}$ )
- l) Cure los cilindros en el laboratorio de acuerdo con la ASTM C31; mantenga agua sobre la superficie de los cilindros todo el tiempo.
- m) Determine la masa de los cilindros y lleve un récord de la misma. Esta información es útil para ubicar los problemas de bajas resistencias.
- n) El refrentado de los cilindros debe ser plano y el espesor promedio debe ser menor de  $\frac{1}{4}$  pulgada (6 mm) y preferiblemente menor que  $\frac{1}{8}$  pulgada (3 mm). Esto es especialmente importante cuando se ensayan concretos con resistencias que exceden las 7000 libras por pulgada cuadrada (48 MPa).
- o) Utilice un material de refrentado de 5000 libras por pulgada cuadrada (35 MPa) como mínimo. Restrinja la re-utilización de los compuestos de sulfuro (azufre) para el refrentado.
- p) Espere como mínimo 2 horas y preferiblemente más tiempo para que endurezca el refrentado de sulfuro. Los refrentados de sulfuro con 1 o 2 días de edad frecuentemente aportan más alta resistencia, especialmente cuando se ensayan concretos con resistencias que exceden las 5000 libras por pulgada cuadrada (35 MPa).
- q) Cuando se utiliza un refrentado con almohadilla de neopreno, asegure que es utilizado el Durómetro apropiado para el nivel de resistencia ensayado; que la almohadilla de refrentado haya sido calificada para su uso; que la almohadilla no esté muy usada y que no se haya excedido el número permitido de usos; vea la ASTM C1231. Las almohadillas muy usadas reducen la resistencia medida.
- r) Asegure que la máquina de ensayo esté calibrada.
- s) Mida el diámetro del cilindro y verifique la planeidad del refrentado.
- t) Centre el cilindro en la máquina de ensayo y utilice la velocidad apropiado de aplicación de las cargas.
- u) Rompa el cilindro para completar la falla. Observe el patrón de falla; las grietas verticales a través del refrentado o un astillado lateral indican una inapropiada distribución de las cargas.

Los reportes de ensayo deben ser rápidamente distribuidos al productor de concreto, así como al contratista y el Ingeniero. Esto es esencial para la solución a tiempo de los problemas.

## Referencias

1. Normas ASTM C31, C39, C172, C470, C617, C1077 y la C1231, Libro de Normas de la ASTM. Volumen 04.02, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
2. *Building Code Requirements for Reinforced Concrete*, ACI 318, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
3. *Standard Specifications for Structural Concrete*, ACI 301, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
4. *In-place Concrete Strength Evaluation-A Recommended Practice*. NRMCA Publication 133, NRMCA, Silver Spring, MD.
5. *Effect of Curing Condition on Compressive Strength of Concrete Test Specimens*, NMRCA Publication 53, NRMCA, Silver Spring, MD.
6. *Review of Variables that Influence Measured Concrete Compressive Strength*, David N. Richardson, NMRCA Publication 179, NRMCA, Silver Spring, MD.
7. *Low Strength Test? May Not!* E.O. Goeb, Concrete Products, December 1992.
8. *Why Low Cylinder Test in Hot Weather?* E.O. Goeb, Concrete Construction, Jan. 1986.



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 10 - Resistencia del concreto en la estructura

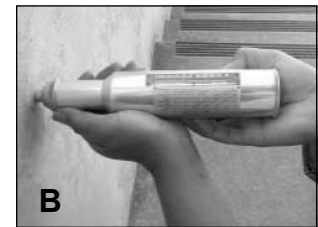
### ¿QUÉ es la resistencia del concreto en la estructura?

Las estructuras de concreto (*hormigón*) son diseñadas para soportar cargas vivas y muertas durante el período de construcción y de servicio. Durante la construcción se obtienen muestras de concreto y los procedimientos de las normas ASTM son utilizados para medir la resistencia potencial del concreto que es entregado. Se moldean cilindros de ensayo (*probetas*) y se curan a temperaturas de 60 a 80°F (17 a 27°C) durante un día y posteriormente se curan de forma húmeda en el laboratorio hasta que son rotos en un ensayo a compresión, normalmente a una edad de 7 y 28 días.

La resistencia del concreto en la estructura no será equivalente a lo medido sobre los cilindros de ensayo normalizados. Las buenas prácticas de trabajo para la manipulación, el vaciado (*colado*), la compactación y el curado del concreto en la estructura deben asegurar un adecuado porcentaje de esa resistencia potencial en la estructura. Los principios del diseño estructural reconocen esto y el Código ACI de la Edificación, el ACI 318, cuenta con un proceso de aseguramiento de la seguridad estructural de la construcción de concreto.

Los medios de medición, estimación o comparación de la resistencia del concreto en la estructura incluyen: El martillo de rebote (*esclerómetro*), la prueba de penetración, la prueba de arrancamiento (*pullout*), los cilindros de ensayo elaborados en el lugar, el ensayo de testigos (*núcleos extraídos, corazones*) y las pruebas de carga del elemento estructural.

Los núcleos extraídos o testigos de la estructura son uno de los medios para evaluar si la capacidad estructural de un miembro de concreto es adecuada y la ACI 318 aporta una guía para esta evaluación. Los núcleos extraídos dan resultados de ensayo más bajos que los cilindros de ensayo normalizados adecuadamente fabricados y ensayados de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm). Esto se aplica a todo el concreto estructural moldeado. Pueden ocurrir excepciones en el caso de testigos de un concreto colocado sobre una sub-base de elevada absorción o en el caso de testigos de un concreto masivo, pobre, de baja resistencia. El Código ACI de la edificación reconoce que bajo las prácticas corrientes de diseño, la construcción de concreto puede ser considerada estructuralmente adecuada si el promedio de tres testigos del área de estudio cuestionada es igual o excede el 85 por ciento de la resistencia especificada,  $f'_c$  y que ningún testigo individual sea inferior al 75 por ciento de  $f'_c$ .



**A - Prueba de resistencia a la penetración (ASTM C 803)**

**B - Prueba de rebote (ASTM C 805)**

**C - Prueba de extracción de núcleos (*corazones*) (ASTM C 42)**

### ¿POR QUÉ se mide la resistencia en la estructura?

Los ensayos del concreto en la estructura pueden ser necesarios cuando las resistencias de los cilindros de ensayo normalizados son bajas y no cumplen con la especificación tal como está indicado en el ACI 318. Sin embargo, no evalúe la estructura sin chequear primero para estar seguro que:

- Las resistencias del concreto fallaron al no cumplir lo previsto en la especificación.
- Las bajas resistencias no son atribuibles a prácticas de ensayo defectuosas
- La resistencia especificada es realmente necesaria. (*Ver el CIP-9 sobre Baja Resistencia de los cilindros de ensayo de concreto*)

En muchos casos, el concreto puede ser aceptado para el uso deseado sin efectuar ensayos en la estructura.

Hay muchas otras situaciones que pueden requerir la investigación de la resistencia en la estructura. Estas incluyen: apuntalamiento y remoción del encofrado, postensionado, o aplicación temprana de cargas; investigación de daños debidos a congelamiento, fuego, o situación de curado adversa; evaluación de estructuras viejas; y cuando un concreto

diseñado de más baja resistencia es vaciado en un elemento por error. Cuando los testigos u otros ensayos efectuados en la estructura fallan al asegurar la adecuación estructural, un curado adicional de la estructura puede garantizar la resistencia necesaria. Esto es particularmente posible con un concreto que contenga cemento de endurecimiento lento, cenizas volantes, o escorias.

## ¿CÓMO se investiga la resistencia en la estructura?

Si sólo una serie de cilindros de ensayo da bajo, frecuentemente la pregunta puede ser dirimida comparando el martillo de rebote o los resultados sobre el concreto en áreas representadas por cilindros de ensayo con resultados aceptables. Donde la posibilidad de baja resistencia es tal, que un gran volumen tiene que ser investigado, será necesario un estudio bien organizado.

Establezca un cuadrículado y obtenga lecturas sistemáticas incluyendo áreas buenas y cuestionadas. Tabule las lecturas del martillo o del sondeo. Si ciertas áreas parecen estar bajas, extraiga núcleos tanto de las áreas bajas como altas. Si los testigos confirman los resultados del martillo o el sondeo, la necesidad de aumentar la cantidad de testigos se reduce en gran medida.

**Resistencia de los núcleos (corazones, testigos) ASTM C-42.** Si es necesario la extracción de núcleos, hay que observar las siguientes precauciones:

- Ensaye un mínimo de 3 núcleos para cada sección de concreto cuestionado;
- Obtenga núcleos con un diámetro mínimo de 3 ½ pulgada (85 mm). Obtenga núcleos más grandes para un concreto con un tamaño de agregado mayor de 1 pulgada (25 mm);
- Trate de obtener una longitud de como mínimo 1 ½ veces el diámetro (relación L/D);
- Recorte para eliminar el acero garantizando que se mantenga una relación mínima de 1 ½ L/D;
- Recorte los bordes a escuadra con una sierra de diamante (*cortadora*) con alimentación automática.
- Cuando ensaye, mantenga un refrentado (*cabezeo*) con espesor por debajo de 1/8 pulgada (3 mm);
- Utilice un material de refrentado de alta resistencia; no deben utilizarse almohadillas de neopreno;
- Verifique la planicidad del refrentado y de los bloques de carga;
- No perfore núcleos desde las capas superiores de las columnas, losas, muros, o cimientos, que serán de un 10 a un 20% más débiles que los testigos de la parte media o de las porciones más bajas; y
- Ensaye los testigos después de un secado durante 7 días si la estructura estará seca en servicio; en caso contrario humedezca los núcleos 40 horas antes del ensayo. Revise las recomendaciones para el acondicionamiento de los testigos en las versiones actualizadas del ACI 318 y de la ASTM C 42.

**Resistencia a la penetración, ASTM C803.** Un pistón impul-

sado hacia adentro del concreto (*disparo*) puede ser utilizado para estudiar las variaciones en la calidad del concreto:

- Diferentes dimensiones de pistón o un cambio en la fuerza de impulsión pueden ser necesarios para grandes diferencias en resistencia o peso unitario;
- Se requiere una medición precisa de la longitud expuesta del pistón;
- Los disparos pueden estar espaciados como mínimo a 7 pulgadas y no estar cercanos al borde del concreto.
- Los disparos que no están firmemente embebidos en el concreto deben ser rechazados; y
- Desarrolle una curva de calibración para los materiales y condiciones bajo investigación.

**Martillo de rebote (esclerómetro), ASTM C 805.** Observe estas precauciones:

- Humedezca todas las superficies por varias horas o durante la noche porque el secado afecta el número de rebote;
- No compare las lecturas sobre el concreto vaciado sobre diferentes materiales de encofrado, el concreto de variado contenido de humedad, las lecturas de diferentes direcciones de impacto, sobre miembros de diferente masa, o resultados utilizando diferentes martillos;
- No desbaste la superficie a menos que sea débil, terminada o texturada;
- Ensaye las losas estructurales por el fondo; y
- No ensaye el concreto congelado.

**Planificación por adelantado.** Cuando se conoce por adelantado que se requieren ensayos en la estructura, como para el apuntalamiento y remoción del encofrado, pueden ser considerados otros métodos como: cilindros de ensayo elaborados en el lugar y técnicas de medición de la resistencia al arrancamiento (*pullout*) cubiertas por las ASTM C873 y C900.

## Referencias

- In-Place methods to estimate concrete strength*, ACI 228.1R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- Nondestructive Tests*, V.M. Malhotra, Chapter 30 in ASTM STP 169C, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- Guide to Nondestructive Testing of Concrete*, G.I. Crawford, Report FHWA-SA-97-105, Sept. 1997, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- In-Place Strength Evaluation – A Recommended Practice*, NRMCA Publication 133, NRMCA, Silver Spring, MD.
- Understanding Concrete Core Testing*, Bruce A. Suprenant, NRMCA Publication 185, NRMCA, Silver Spring, MD.
- ASTM C31, C39, C42, C805, C803, C873, C900, ASTM Book of Standards, Vol. 04.02, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- Building Code Requirements for Structural Concrete*, ACI 318, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.



# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 11 - Curado del concreto en el lugar

### ¿QUÉ es el curado?

El curado es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que éste pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla. El curado comienza inmediatamente después del vaciado (*colado*) y el acabado, de manera que el concreto pueda desarrollar la resistencia y la durabilidad deseada.

Sin un adecuado suministro de humedad, los materiales cementantes en el concreto, no pueden reaccionar para formar un producto de calidad. El secado puede eliminar el agua necesaria para esta reacción química denominada *hidratación* y por lo cual el concreto no alcanzará sus propiedades potenciales.

La temperatura es un factor importante en un curado apropiado, basándose en la velocidad de hidratación y por lo tanto, el desarrollo de resistencias es mayor a más altas temperaturas. Generalmente, la temperatura del concreto debe ser mantenida por encima de los 50°F (10°C) para un ritmo adecuado de desarrollo de resistencias. Además debe mantenerse una temperatura uniforme a través de la sección del concreto, mientras está ganando resistencia, para evitar las grietas por choque térmico.

Para el concreto expuesto, la humedad relativa y las condiciones del viento son también importantes; ellas contribuyen al ritmo de pérdida de humedad en el concreto y pueden dar como resultado agrietamiento, una pobre calidad y durabilidad superficial. Las medidas de protección para el control de la evaporación de humedad de las superficies del concreto antes de que fragüe, son esenciales para evitar la fisuración por retracción plástica (Ver el CIP 5).

### ¿POR QUÉ se cura?

Varias razones importantes son:

- Una ganancia de resistencia predecible.** Los ensayos de laboratorio muestran que el concreto en un ambiente seco puede perder tanto como un 50 por ciento de su resistencia potencial, comparado con un concreto similar que es curado en condiciones húmedas. El concreto vaciado bajo condiciones de alta temperatura ganará una resistencia temprana rápidamente, pero después las resistencias pueden ser reducidas. El concreto vaciado en clima frío tomará más tiempo para ganar resistencia, demorará la remoción del encofrado y la construcción subsecuente.
- Durabilidad mejorada.** El concreto bien curado tiene mejor dureza superficial y resistirá mejor el desgaste superficial y la abrasión. El curado también hace al concreto más impermeable al agua, lo que evita que la humedad y las sustancias químicas disueltas en agua entren dentro del



Aplicación de un compuesto formador de membrana (*curador*) con aspersor manual.



Losa cubierta con láminas plásticas (*lonas*) impermeables para curado.

concreto, en consecuencia incrementa la durabilidad y la vida en servicio.

- Mejores condiciones de servicio y apariencia.** Una losa de concreto a la que se le ha permitido que se seque demasiado temprano, tendrá una superficie frágil con pobre resistencia al desgaste y la abrasión. El curado apropiado reduce el resquebrajamiento o cuarteo, la pulverización y el descascaramiento.

### ¿CÓMO se cura?

**Requerimientos de humedad para el curado.** El concreto debe ser protegido de la pérdida de humedad hasta concluir el acabado empleando métodos adecuados como las barreras de viento, los atomizadores (*aspersores*) de agua y otros para evitar la fisuración por retracción plástica. Después del acabado

final la superficie del concreto debe permanecer continuamente humedecida o sellada para evitar la evaporación por un período de como mínimo varios días después del acabado. Ver la tabla con ejemplos.

**Sistemas para mantener húmedo el concreto:**

- a) Mantas o esteras de algodón o yute humedecidas con una manguera o un aspersor. Debe tenerse cuidado de no dejar que se queden secas y que le absorban agua al concreto. Los bordes de las mantas deben solaparse o superponerse y con contrapesos para que no sean levantadas por el viento.
- b) Paja que sea rociada con agua regularmente. La paja puede ser fácilmente levantada por el viento, y si está seca se puede incendiar. Las capas de paja deben ser de 6 pulgadas de espesor (15,2 cm) y deberán estar cubiertas con una lona.
- c) La tierra, la arena o el aserrín húmedos se pueden utilizar para curar elementos planos (*especialmente pisos*). En los materiales utilizados no deberán haber contaminantes orgánicos o con residuos de hierro.
- d) La aspersión con agua de forma continua es adecuada si la temperatura del aire está bien por encima de la congelación. No se debe permitir que el concreto se seque entre humedecimientos, pues ciclos alternativos de humedecimiento y secado no son una práctica aceptable de curado.
- e) Crear un estanque de agua sobre una losa es un excelente método de curado. El agua no debe estar 20° F (11° C) más fría que el concreto y el murete de contención alrededor del estanque debe ser asegurado contra escapes o salideros.

**Materiales para retener la humedad:**

- a) Los compuestos curadores de membrana deben estar conformes con la ASTM C 309. Se aplican a la superficie del concreto alrededor de una hora después del acabado. No se aplica al concreto que aún está exudando o que tiene un brillo visible de agua sobre la superficie. A pesar de que se puede utilizar un líquido claro, un pigmento blanco aporta propiedades reflectivas y permite efectuar la inspección visual sobre el cubrimiento de la superficie. Puede ser adecuada una capa sencilla, pero donde sea posible es deseable para un mejor cubrimiento aplicar una segunda capa en dirección perpendicular a la primera. Si el concreto será pintado o cubierto con enchapado de vinilo o cerámica, entonces deberá ser utilizado un compuesto líquido que no sea reactivo con la pintura o los adhesivos, o utilice un compuesto que se pueda sacar (*retirar*) con cepillo o lavado. En los pisos, la superficie debe ser protegida del tráfico con papel a prueba de rasguños después de la aplicación del compuesto de curado.
- b) Láminas plásticas, ya sean claras, blancas (*reflectivas*) o pigmentadas. Los plásticos deben estar conformes a la ASTM C 171, tener como mínimo 4 milésimas de pulgada (0.1 mm) de espesor y preferiblemente estar reforzadas con fibra de vidrio. Las láminas coloreadas oscuras son recomendables cuando la temperatura ambiente está por debajo de los 60° F (15° C) y las láminas reflectivas deben ser utilizadas cuando las temperaturas exceden de 85° F (30° C). Los plásticos deben ser puestos en contacto directo con la superficie de concreto tan pronto como sea posible sin estropear la superficie. Los bordes de las láminas deben solaparse, fijarse con una cinta adhesiva impermeable y tener contrapesos para evitar que el viento se introduzca por debajo del plástico. El plástico puede formar bandas oscuras siempre que una arruga toque el concreto, por lo que el plástico no debe ser utilizado en concretos donde es importante la apariencia. Los plásticos algunas veces se utilizan sobre las mantas húmedas para

EJEMPLO DE PERÍODO MÍNIMO DE CURADO PARA ALCANZAR EL 50% DE LA RESISTENCIA ESPECIFICADA\*

Cemento Tipo I	Cemento Tipo II	Cemento Tipo III
<b>Temperatura – 50° F (10° C)</b>		
6 días	9 días	3 días
<b>Temperatura – 70° F (21° C)</b>		
4 días	6 días	3 días

\* Los valores son aproximados y están basados en ensayos de resistencia de cilindros de prueba. Se pueden establecer valores específicos para materiales y mezclas específicas. De la Referencia 7.

retener la humedad.

- c) El papel impermeable es utilizado como las láminas plásticas, pero no mancha la superficie. Este papel consiste generalmente en dos capas de papel kraft cementadas juntas y reforzadas con fibra. El papel deberá estar conforme a la ASTM C171.

Note que los productos que se venden como retardadores de la evaporación son utilizados para reducir el ritmo de evaporación de las superficies del concreto fresco antes de que fragüe, para prevenir la fisuración por retracción plástica. Estos materiales no deben ser utilizados para el curado final.

**Control de la temperatura:**

En clima frío no permita que el concreto se enfríe a un ritmo más rápido que 5° F (3° C) por hora para las primeras 24 horas. El concreto debe ser protegido de la congelación, utilizando materiales aislantes, hasta que alcance una resistencia a compresión de 500 libras por pulgada cuadrada como mínimo (3.5 MPa). Cuando las temperaturas de congelación se prevén, deben ser utilizados los métodos de curado que retienen la humedad, mejor que el curado húmedo. Hay que proteger el concreto contra los cambios rápidos de temperatura después de quitar las medidas de protección. Se dan guías al respecto en la Referencia 7.

En clima caliente, una temperatura de curado inicial más alta dará como resultado una ganancia rápida de resistencia y resistencias últimas más bajas. Agua de curado y aspersión pueden ser utilizadas para lograr bajar la temperatura de curado en verano. Debe protegerse contra temperaturas extremas nocturnas, que permitan un enfriamiento más rápido que 5° F (3° C) por hora, durante las primeras 24 horas.

**Referencias**

1. *Effect of Curing Condition on Compressive Strength of Concrete Test Specimens*, NRMCA Publication No. 53, National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, MD.
2. *How to Eliminate Scaling*, *Concrete International*, February 1980. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
3. *ASTM C309, Specifications for Liquid Membrane Forming Compounds for Curing Concrete*, American Society for Testing Materials, West Conshohocken, PA.
4. *ASTM C 171, Specifications for Sheet Materials for Curing Concrete*, American Society for Testing Materials, West Conshohocken, PA.
5. *Standard Practice for Curing Concrete*, ACI 308, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
6. *Standard Specification for Curing Concrete*, ACI 308.1, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
7. *Cold Weather Concreting*, ACI 306R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.



# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 12 - Colocación de concreto en clima cálido

### ¿QUÉ se considera clima cálido?

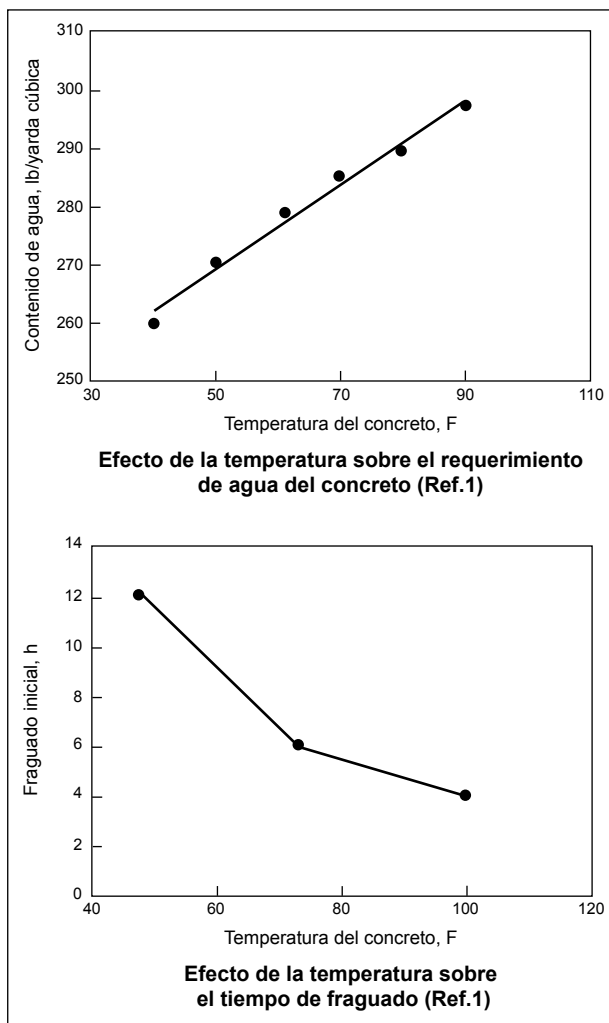
El clima cálido puede ser definido como cualquier período de alta temperatura en el cual se necesita tomar precauciones especiales para asegurar una apropiada manipulación, vaciado (*colado*), acabado y curado del concreto (*hormigón*). Los problemas del clima cálido se encuentran más frecuentemente en el verano, pero los factores climáticos asociados de fuertes vientos, baja humedad relativa y radiación solar pueden ocurrir en cualquier momento, especialmente en climas áridos o tropicales. Las condiciones del clima cálido pueden producir una alta tasa de evaporación de la humedad en la superficie del concreto y un tiempo de manejabilidad corto, entre otros problemas. Generalmente una alta humedad relativa tiende a reducir los efectos de una elevada temperatura.

### ¿POR QUÉ tener en cuenta el clima cálido?

Es importante que el clima cálido sea tenido en cuenta cuando se planifican los proyectos de vaciado (*colado*) de concreto, debido a los efectos potenciales sobre la mezcla fresca y recién colocada.

Las altas temperaturas por si solas causan incrementos de la demanda de agua, los cuales a su vez elevarán la relación agua/cemento resultando en una más baja resistencia potencial. Las temperaturas más altas tienden a acelerar la pérdida de asentamiento (*revenimiento*) y pueden provocar pérdida del aire incorporado. La temperatura también tiene un gran efecto sobre el tiempo de manejabilidad del concreto: el concreto colocado bajo altas temperaturas fraguará más rápido y puede por lo tanto requerir un acabado mas pronto. El concreto que es curado a altas temperaturas a edad temprana, no será tan resistente a los 28 días como el mismo concreto curado a temperaturas en el rango de los 70° F (20° C).

Las altas temperaturas, una alta velocidad del viento y una baja humedad relativa, pueden afectar al concreto fresco de dos formas importantes: El elevado ritmo de evaporación puede inducir a una temprana fisuración por retracción



plástica o por retracción por secado, y el ritmo de evaporación puede también eliminar el agua de la superficie necesaria para la hidratación, a menos que se empleen métodos apropiados de curado. El agrietamiento térmico puede producirse por una rápida caída en la temperatura del concreto, tal es el caso de las losas o paredes de concreto que son vaciados en un día cálido, seguido de una noche fría. Una alta temperatura acelera también la hidratación del cemento y contribuye a un potencial agrietamiento térmico en estructuras masivas de concreto.

## ¿CÓMO vaciar concreto en clima cálido?

La clave para un vaciado (*colado*) de concreto exitoso en clima cálido es:

1. Un reconocimiento de los factores que afectan el concreto, y
2. La planificación para minimizar sus efectos

Utilice las recomendaciones locales, ya probadas para ajustar las proporciones del concreto, tales como el empleo de aditivos reductores de agua y aditivos retardantes. Modifique la mezcla para reducir el calor generado por la hidratación del cemento, por ejemplo mediante el uso de un cemento Tipo II de moderado calor de hidratación conforme con ASTM y la utilización de puzolanas y escorias que pueden reducir los problemas potenciales con un concreto de alta temperatura. Es esencial adelantar el tiempo y la programación para evitar demoras en la entrega, el vaciado y el acabado. Los camiones mezcladores deben poder descargar inmediatamente y debe estar disponible el personal adecuado para colocar y manipular el concreto. Cuando sea posible, las entregas deben programarse evitando la parte más cálida del día. El comprador puede descartar los límites sobre la temperatura máxima del concreto si la consistencia del concreto es adecuada para el vaciado y no se requiere una excesiva adición de agua.

En el caso de condiciones extremas de temperatura o con

concreto masivo, la temperatura del concreto puede reducirse utilizando agua previamente enfriada o hielo como parte del agua de la mezcla. El productor de concreto utiliza otras medidas, tales como la aspersión de agua y la colocación a la sombra de los agregados antes del mezclado, para ayudar a bajar la temperatura del concreto.

Si se predicen fuertes vientos y baja humedad relativa, pueden ser necesarias barreras contra el viento, pantallas contra el sol, aspersión fina de agua (*niebla*), o retardantes de evaporación, para evitar la fisuración por retracción plástica en las losas.

### Referencias

1. *Hot Weather Concreting*, ACI 305R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. *Cooling Ready Mixed Concrete*, NRMCA Publication No. 106, NRMCA, Silver Spring, MD.
3. *Effect of Temperature and Delivery Time on Concrete Proportions*, R.D. Gaynor, R.C. Meininger, T.S. Khan, NRMCA Publication 171, NRMCA, Silver Spring, MD.
4. *Hot-Weather Concreting*, Chapter 11 in Design and Control of Concrete Mixtures, Portland Cement Association, Skokie, IL.
5. *Keeping Concrete Cool in the Heat of Summer*, K.C. Hover, *Concrete Construction*, June 1993.

### Siga estas reglas para la colocación de concreto en clima cálido

1. Modifique las mezclas de concreto apropiadamente. Retardantes, cementos de moderado calor de hidratación, materiales puzolánicos, cenizas y otras soluciones comprobadas localmente pueden utilizarse. Reduzca el contenido de cemento de la mezcla tanto como sea posible, cuando pueda asegurar que la resistencia del concreto será alcanzada
2. Tenga una adecuada mano de obra lista para vaciar (*colar*), darle acabado y curar el concreto.
3. Limite la adición de agua hecha en la obra directamente. Agregue agua únicamente a la llegada a la obra únicamente para ajustar el asentamiento. La adición de agua no debe pasar de entre 2 y 2 1/5 galones por yd<sup>3</sup> (10 a 12 litros/m<sup>3</sup>). La adición de agua al concreto después de 1.5 horas de haberse producido debe evitarse.
4. Las losas de concreto no deben vaciarse directamente sobre láminas de polietileno o otras barreras de vapor. Cubra la barrera con un mínimo de 4 pulgadas (100 mm) de una capa de material granular compactable de base.
5. En días secos y/o cálidos, cuando las condiciones sean propicias para un agrietamiento por retracción plástica, humedezca la base, moldajes (*formaletas*) y el refuerzo, pero no agregue demasiada agua para que no se inunde.
6. Empiece las operaciones de acabado final tan pronto como el brillo del agua halla dejado la superficie del concreto. Empiece el curado tan pronto la operación de acabado concluya. Continúe el curado por lo menos por tres días; cubra el concreto con una manta húmeda o una lámina de plástico para prevenir la evaporación; o utilice un compuesto curador de membrana, o realice el curado con agua (*Vea el CIP 11*). Utilizar un compuesto curador de membrana pigmentado de color blanco ayudará a verificar el cubrimiento que se está dando con el mismo y reflejará el calor de la superficie de concreto.
7. Proteja los cilindros de prueba en el sitio de trabajo bajo sombra previniendo la evaporación. Los sitios de curado en obra con hielo o refrigeración deben ser utilizados para mantener la temperatura requerida entre 60° a 80°F (17 a 27°C) de curado inicial de los cilindros. (*Vea el CIP 9*).
8. No utilice aditivos acelerantes a menos que en la práctica común se pueda evitar el agrietamiento por retracción



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 13 - Ampollas en el concreto

### ¿QUÉ son las ampollas?

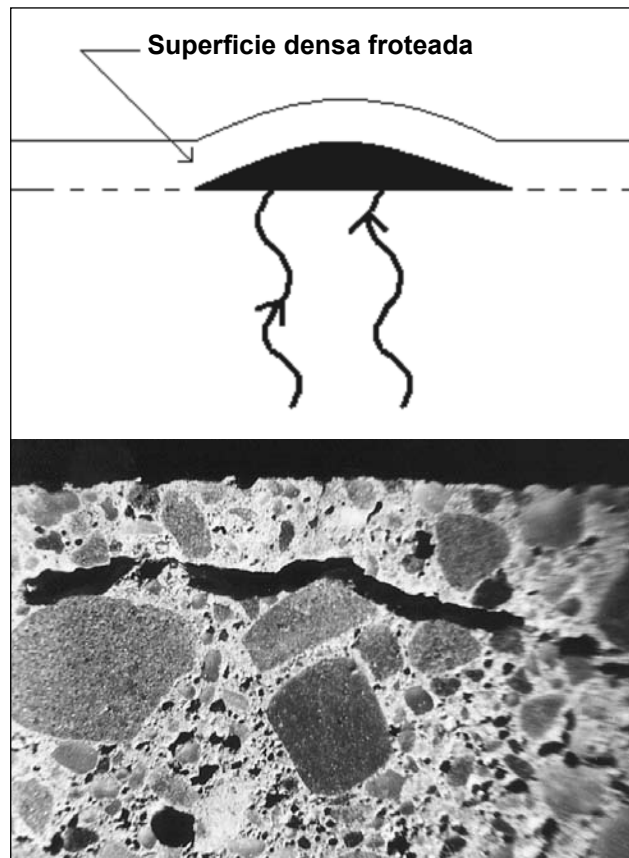
Las ampollas son protuberancias huecas de bajo perfil en la superficie del concreto (*hormigón*), típicamente el diámetro de éstas es de media pulgada (12 mm) hasta una pulgada (25 mm), pero ocasionalmente hasta 2 ó 3 pulgadas (50 a 75 mm). Una capa densa de mortero allanado de aproximadamente 1/8 de pulgada (3.2 mm) de espesor, cubre un vacío subyacente que se mueve de un lado a otro bajo la superficie durante el allanado. Las ampollas pueden ocurrir poco tiempo después de haber terminado las operaciones del acabado en el concreto. En áreas con iluminación pobre, ampollas pequeñas pueden pasar desapercibidas durante la operación del acabado y pueden no ser detectadas hasta que éstas fallan bajo cargas de tráfico.

### ¿POR QUÉ se forman las ampollas?

Las ampollas se pueden formar en la superficie del concreto fresco cuando vacíos de aire o el agua de exudación ascienden en los concretos plásticos y son atrapados bajo la superficie que ha sido sellada prematuramente durante el allanado. No es fácil componer estos defectos una vez que el concrete endurece.

La propensidad a formar ampollas es mayor cuando:

1. Se utiliza vibración insuficiente o excesiva. La vibración insuficiente no permite que el aire atrapado sea desalojado y el uso excesivo de llanas vibratoras produce que una capa gruesa de mortero migre a la superficie.
2. Se utiliza una herramienta inapropiada o de manera inadecuada para el acabado inicial de la superficie. Es necesario probar cuál herramienta no sella la superficie, ya sea de madera o de magnesio. La herramienta allanadora debe de mantenerse lo más plano posible.
3. La evaporación excesiva del agua de exudación (*sangrado*) hace que la superficie se vea lista para el allanado final, mientras el concreto subyacente sigue en estado plástico exudando y expulsando aire. La evaporación rápida de agua de exudación de la superficie es un problema particularmente en períodos de altas temperaturas,



Ampollas en el concreto

4. vientos de alta velocidad por sí mismo o en combinación con baja humedad relativa.
5. El Aire incorporado fue utilizado o la cantidad es mayor de lo normal. Una reducción importante en la velocidad y la cantidad de agua de exudación se produce en concretos con aire incorporado, esto da la apariencia que el concreto está listo para el allanado y terminado de la superficie y resulta en un acabado prematuro.
6. La sub-base está más fría que el concreto. La capa superior fragua más rápido que la parte inferior y la superficie aparenta estar lista para el allanado y el acabado.
7. La losa es muy gruesa y el agua de exudación y aire

atrapado tarda más tiempo en llegar a la superficie.

7. El concreto es muy cohesivo y pegajoso debido a una cantidad alta de materiales cementantes o exceso de finos en la arena. Estas mezclas también tienen una cantidad y velocidad de exudación menores. Mezclas de concreto con contenidos de materiales cementantes bajos exudan rápidamente y en un corto plazo, tienen una cantidad total de agua de exudación mayor y la tendencia a retrasar la operación del acabado de la superficie.
8. Un endurecedor de superficie en polvo es aplicado prematuramente, particularmente sobre el concreto con aire incorporado.
9. La losa es colocada sobre una barrera que retarda o el paso de vapores de agua o una base que es impermeable, lo cual no permite que el agua de exudación sea absorbida por el suelo.

## ¿CÓMO se evitan las ampollas?

La persona encargada de dar el acabado a la superficie del concreto debe preocuparse cuando la misma parezca estar lista para efectuar el allanado antes de lo que se espera normalmente. El énfasis en el acabado consiste en que el vaciado (*colado*), el enrase, la nivelación de los bordes y el allanado se efectúen tan rápido como sea posible y sin hacer ascender una excesiva capa de mortero a la superficie. Después que estas operaciones se hayan completado, los acabados posteriores deben demorarse tanto como sea posible y la superficie debe ser cubierta con polietileno u otro método para protegerla contra la evaporación. Si existen condiciones de rápida evaporación, cubra una parte del concreto para determinar si el concreto continúa exudación. En la realización del allanado inicial las cuchillas u hojas de la allanadora no deben estar inclinadas para evitar la densificación muy temprana de la superficie. La utilización de un acelerante de fraguado o uso del concreto caliente frecuentemente evitan la formación de ampollas en tiempo frío. Se recomienda que concreto sin aire incorporado se



utilice en losas internas y no se utilicen allanadoras metálicas en el concreto con aire incorporado.

Si las ampollas se están formando, trate ya sea de aplanar las cuchillas de la allanadora o habrá la superficie con una allanadora de madera y demore el acabado tanto como sea posible. Cuando hay condiciones de rápida evaporación, disminuir la evaporación con el uso de barreras para el aire, retardantes de evaporación, o cubriendo el concreto con polietileno o un trapo mojada. Recomendaciones adicionales se pueden encontrar en los siguientes documentos ACI 302.1R y ACI 305.

### Referencias

1. "Guide for Concrete Floor and Slab Construction," ACI 302.1R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. Carl O. Peterson, "Concrete Surface Blistering—Causes and Cures," Concrete Construction, September 1970.
3. "Finishing," Concrete Construction, August 1976, p. 369.
4. J. C. Yeager, "Finishing Problems and Surface Defects in Flatwork," Concrete Construction, April 1979.
5. Problems and Practices, ACI Journal, December 1955, p. 492.

### Siga estas reglas para evitar las ampollas

1. No selle la superficie antes de que el aire y el agua de exudación (*sangrado*) hayan escapado.
2. Evite los endurecedores superficiales en polvo en los concretos con aire incorporado.
3. Utilice acelerantes o el calentamiento previo del concreto para promover un fraguado uniforme a través de todo el espesor de la losa cuando las temperaturas son bajas.
4. No coloque las losas directamente sobre las capas de polietileno.
5. Proteja la superficie para evitar la evaporación o que ésta se seque.
6. No utilice vibración excesiva en concretos con asentamiento (*revenimiento*) de 5 pulgadas (125-mm) o más.
7. Las allanadoras de metal no deben de ser utilizadas en el concreto con aire incluido. Si esto es requerido por las especificaciones de obra, hay que tener mucho cuidado en decir cuando empezar la operación de acabado.



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# Hormigon El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 14 - Acabado del concreto

### ¿QUÉ es el acabado?

El acabado es la operación que le confiere a una superficie de concreto (*hormigón*) la textura, planicidad y durabilidad deseada. El acabado puede ser estrictamente funcional o decorativo.

### ¿POR QUÉ dar acabado al concreto?

El acabado hace al concreto atractivo y listo para ser puesto en servicio. La textura final, dureza y el patrón de juntas sobre las losas, pisos, aceras, patios y pavimentos, depende del uso final que se le dará al concreto. Los pisos de almacenes o industrias usualmente necesitan tener unos mayores requerimientos de durabilidad y deben estar nivelados y lisos, mientras que otros pisos interiores que están cubiertos con una alfombra o alfombra no tienen que ser tan planos y durables. Las losas de exteriores deben tener pendientes para desalojar el agua y deben estar provistas de textura para no ser resbalosas cuando se humedecen.

### ¿CÓMO colocar el concreto?

Antes de la operación de acabado, el concreto es vaciado (*colado*), consolidado y nivelado. Estas operaciones deben ser cuidadosamente planificadas. Habilidad, conocimiento y experiencia son necesarios para tratar con una variedad de mezclas de concreto y de condiciones de campo. Teniendo una mano de obra apropiada y el equipamiento disponible, es crítico sincronizar las operaciones de acuerdo a las condiciones existentes. Una pendiente es necesaria para evitar los sitios sumidos y drenar las aguas en sentido opuesto a las edificaciones.

Las demoras después de la llegada del camión mezclador crean problemas y pueden reducir la calidad final del acabado. Según sea requerido, es necesario terminar la excavación y la compactación de la sub-base, el trabajo de encofrado y la colocación de las mallas y barras con suficiente anticipación.

Las guías generales para el vaciado y la compactación del concreto son:

a) Un exitoso trabajo depende de la selección de la mezcla de concreto correcta para el trabajo. Consulte a su productor de concreto premezclado. Deposite el concreto tan cerca como sea posible a su lugar final de vaciado, incluso descargándolo directamente desde la canal del camión mezclador o utilice carretillas, motovolquetas o equipos de bombeo.



Acabado del concreto

Evite la adición excesiva de agua para incrementar el asentamiento (*revenimiento*) del concreto. Comience desde la parte más lejana y trabaje hacia la más cercana. En una pendiente, utilice un concreto más consistente (de menor asentamiento) y trabaje la pendiente.

- b) Distribuya el concreto utilizando una pala cuadrada corta o un rastrillo de concreto. No utilice un rastrillo de jardín para mover el concreto horizontalmente. Este tipo de rastrillo puede causar segregación.
- c) Todo el concreto debe ser consolidado. Para trabajos pequeños de losas ponga atención particularmente al enrasar los bordes con los moldes utilizando una espátula o pieza de madera. Para trabajos grandes, la consolidación usualmente se lleva a cabo utilizando una regla vibratoria o un vibrador interno.
- d) Cuando se da una colocación y nivelado manual del concreto, utilice una pieza de madera o metal de borde definido (llamada regla). Descanse la regla en los bordes en la parte superior del encofrado, inclínala hacia delante y muévala hacia el frente con un movimiento en forma de zig-zag. Mantenga una pequeña cantidad de concreto delante de la regla para llenar cualquier espacio vacío o imperfección. No utilice un vibrador de alta frecuencia o una regla vibratoria cuando el concreto tiene más de 3 pulgadas (75mm) de asentamiento (*revenimiento*). Las reglas vibratorias deben moverse rápidamente para asegurar la consolidación pero evitando la formación de una excesiva capa de mortero sobre la superficie.

## Referencias

1. Concrete in Practice (CIP) Series. Available from: National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring Street, Silver Spring, Maryland 20910.
2. "Cement Mason's Guide," Publication No. PA122.02H, Portland Cement Association, Skokie, IL.
3. "Residential Concrete," National Association of Home Builders, Washington, D.C.
4. "Concrete Craftsman Series—Slabs on Grade," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
5. ACI 302.1R "Guide for Concrete Floor and Slab Construction," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
6. "Finishing and Related Problems," Concrete Construction Magazine.

### Siga estas reglas para darle acabado al concreto

1. **NIVELAR** el concreto utilizando una flota, llana o una herramienta de borde definido tan pronto como el material halla sido compactado. Esta operación debe ser terminada antes que el agua de exudación (*sangrado*) aparezca en la superficie. La flota o llana hace que los agregados gruesos se embeban, aplana la superficie y elimina los desniveles altos y bajos. Mantenga la llana lo mas plana posible para evitar el descascamiento prematuro de la superficie.
2. **ESPERAR** a que el concreto termine de exudar (*sangrar*). Cualquier otra operación de acabado DEBE ESPERAR hasta que el concreto haya terminado de exudar y el brillo del agua haya desaparecido de la superficie. Cualquier operación de acabado hecha durante la exudación del concreto DARÁ COMO RESULTADO la aparición de problemas posteriores, tales como la pulverización, el descascamiento, el resquebrajamiento y las ampollas. Los periodos de espera dependen del asentamiento (*revenimiento*), de las características de la mezcla del concreto y de las condiciones climáticas. Durante el periodo de espera, es necesario proteger al concreto contra la evaporación superficial si el clima es cálido, secos o con vientos. Cubra una pequeña zona de prueba en la losa para evaluar si la exudación ha concluido. Como recomendación general, el concreto en el que la huella de una persona sobre el mismo tiene una profundidad de 1/8 a 1/4 de pulgada (3 a 6 mm) ha fraguado lo suficiente para comenzar las operaciones de acabado final.
3. **BORDEAR** el concreto en su totalidad. Palee o pinche el concreto cercano al encofrado cuidadosamente con una cuchara de albañil pequeña (*palustre*) y entonces utilice una herramienta de acabado para hacerle al concreto bordes redondeados durables.
4. **INTRODUCIR JUNTAS** al concreto ranurándolo. La herramienta ranuradora debe tener una cuchilla de un cuarto del espesor de la losa. Utilice una pieza recta de madera como guía. Una ranuradora poco profunda sólo se debe utilizar con fines decorativos. Cuando se requiera aserrar (*cortar*) las juntas, debe ser hecho tan pronto como el concreto endurezca lo suficiente para no dañarse con el disco (*cuchilla*). El aserrado a edad temprana se puede hacer antes de que el concreto haya endurecido completamente. Vea el CIP 6 para las prácticas de construcción y espaciamiento de las juntas.
5. **FLOTAR** el concreto a mano o con máquina con la idea de embeber los agregados gruesos. La operación de flotado nivela la superficie y la prepara para las operaciones de acabado final. El concreto no debe ser flotado mientras exista agua de exudación en la superficie.
6. **ALISAR O AFINAR** el concreto de acuerdo a su utilización final. Para aceras, patios y pavimentos, el alisado usualmente no se requerirá. El concreto con aire incorporado no debe ser alisado. Si las especificaciones indican un alisado de un concreto con aire incorporado, se deben tomar precauciones extremas en la sincronización del tiempo para el acabado. Para una superficie lisa haga pasadas sucesivas con una pequeña alisadora de acero incrementando la presión. Varias pasadas con una llana metálica producirán una superficie lisa que será resbaladiza cuando se moje. Un allanado excesivo puede crear marcas indeseables. Inclinando la llana se producirá una textura indeseable.
7. **TEXTURIZAR** la superficie del concreto después de la nivelación (para las aceras, patios y pavimentos) o después del alisado o afinado (para las terminaciones interiores) con un cepillo grueso o fino para obtener una superficie no deslizante. Para trabajos en interiores, texturice la superficie después del alisado final. El concreto puede tener muchos tratamientos de acabado decorativo, tales como los agregados expuestos, color superficial, color integral, concreto estampado y concreto con patrones. Los acabados decorativos necesitan mucho mas cuidado y experiencia.
8. **NUNCA** riegue agua o cemento sobre el concreto mientras le esta dando acabado. Esto puede causar pulverización o descascamiento.<sup>1</sup>
9. **CURAR** el concreto tan pronto como se concluya el acabado de la superficie para proveer condiciones adecuadas para la hidratación del cemento, lo cual llevará a la durabilidad y resistencia solicitada para la superficie. En condiciones severas la losa puede necesitar una protección aún antes de que las operaciones de acabado estén terminadas. Vea el CIP 11 para mas información sobre el curado del concreto.

### Siga estas reglas para colocar y darle acabado al concreto

1. Ubique y desplace el concreto hasta su lugar de final de colocación utilizando procedimientos que eviten la segregación.
2. Distribuya el concreto y obtenga una nivelación inicial del mismo sin sellar la superficie.
3. Espere hasta que la exudación (*sangrado*) desaparezca de la superficie para empezar con las operaciones de acabado.
4. Use la textura apropiada para la superficie de acuerdo al uso previsto.
5. Evite el alisado con llana metálica para concreto con aire incorporado.
6. Cure el concreto para asegurar que alcanzará la resistencia y durabilidad deseadas.



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# Hormigon El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 15 - Aditivos Químicos para el concreto

### ¿QUÉ son los aditivos?

Los aditivos son sustancias químicas naturales o manufacturadas que se adicionan al concreto (*hormigón*) antes o durante el mezclado del mismo. Los aditivos más frecuentemente utilizados son los agentes incorporadores de aire, los reductores de agua, los retardantes y los acelerantes.

### ¿POR QUÉ utilizar aditivos?

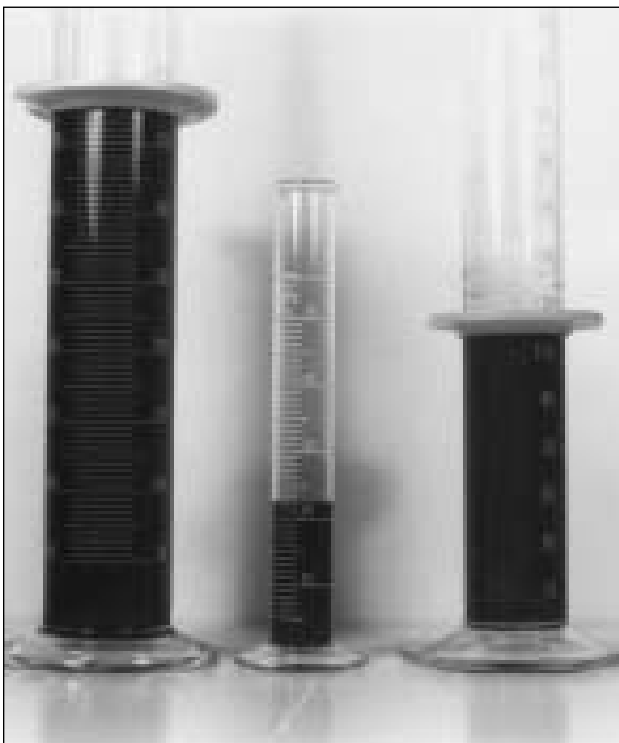
Los aditivos se emplean para aportar propiedades especiales al concreto fresco o endurecido. Los aditivos pueden mejorar las características de durabilidad, trabajabilidad o resistencia de una mezcla dada de concreto. Los aditivos son

utilizados para vencer difíciles situaciones de construcción, como son los vaciados (*colados*) en clima caliente o frío, los requerimientos del bombeado, los requerimientos de resistencias tempranas o las especificaciones de una relación agua/cemento muy baja.

### ¿CÓMO utilizar los aditivos?

Consulte a su proveedor de concreto premezclado acerca de cuales aditivos pueden ser apropiados para su aplicación. Los aditivos deben ser evaluados para analizar su compatibilidad con los cementos, con las prácticas de construcción, las especificaciones de trabajo y las ventajas económicas antes de ser utilizados.

### Aditivos químicos para el concreto



Izq. a der.: HRWR, agente incorporador de aire, retardante.  
Cantidades relativas para una yarda cúbica.

### Siga estas reglas para utilizar los aditivos

1. **Agentes incorporadores de aire<sup>1</sup>.** Son sustancias químicas líquidas que se adicionan durante el mezclado para producir burbujas microscópicas en el concreto, llamado aire incorporado. Estas burbujas mejoran la resistencia del concreto a los daños ocasionados por la congelación y el deshielo, así como a las sales de deshielo. En el concreto en estado plástico, los agentes incorporadores de aire mejoran la laborabilidad y pueden reducir la exudación (*sangrado*) y la segregación. Para trabajos en exteriores (áreas de parqueo, pavimentos, aceras, pisos de piscinas, patios) que están sujetos a ciclos hielo/deshielo, o en áreas donde se utilizan sales de deshielo, se especifica un contenido de aire de un 5 a un 7% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño del agregado grueso (ver tabla en la página siguiente). El aire incorporado no es necesario para concreto estructural en interiores que no están sujetos a la congelación y el deshielo. No debe ser utilizado en pisos o losas que tienen un acabado (*afinado*) muy liso. En concretos con elevado contenido de cemento, la incorporación de aire reducirá la resistencia en alrededor de un 5% por cada 1% de aire incorporado; pero en concretos con bajo contenido de cemento, la incorporación de aire afecta menos y puede incrementar la resistencia ligeramente debido a la reducción de agua para lograr un cierto asentamiento. Los agentes incorporadores de aire para uso en el concreto deben cumplir con los requerimientos de ASTM C260 "Especificación para adiciones de incorporadores de aire"
2. **Reductores de agua.** Son utilizados con dos propósitos diferentes: (1) para disminuir el contenido de agua e incrementar la resistencia, (2) para obtener asentamientos (*revenimientos*) más altos utilizando el mismo contenido de agua. Los reductores de agua generalmente reduci-

rán el contenido de agua requerido para lograr un cierto asentamiento. Estos aditivos dispersan las partículas de cemento en el concreto y hacen más eficiente el uso de cemento. Esto, incrementa la resistencia y permite que se reduzca el contenido de cemento manteniendo la misma relación agua/cemento. Los reductores de agua son utilizados para incrementar el asentamiento para el concreto bombeado y se emplean en clima caliente para contrarrestar la creciente demanda de agua. Los reductores de agua pueden agravar los problemas de pérdida del asentamiento debido al tiempo. Los reductores de agua deben cumplir con los requerimientos de aditivos químicos tipo A de acuerdo a la ASTM C494<sup>2</sup>. “Especificaciones para adiciones químicas en el concreto”.

Los reductores de agua de rango medio son comúnmente utilizados y tienen una gran habilidad para reducir el contenido de agua. Estos aditivos son populares y mejoran la trabajabilidad del concreto para los acabados en losas. Los reductores de agua de rango medio por lo menos deben cumplir con los requerimientos para aditivos tipo A de la ASTM C 494, ya que no tienen una clasificación separada en la especificación de adiciones.

3. **Retardantes.** Son sustancias químicas que retardan el fraguado inicial del concreto por una hora o más. Los retardantes se emplean con frecuencia en clima caliente para contrarrestar el fraguado rápido causado por las altas temperaturas. Para grandes trabajos, o en clima caliente, se especifican concretos con retardantes para permitir un tiempo mayor para el vaciado (*colado*) y el acabado. La mayoría de los retardantes también actúan como reductores de agua. Los retardantes deben cumplir con el requerimiento de la ASTM C494 para los tipos B y D.
4. **Acelerantes.** Estos aditivos reducen el tiempo de fraguado inicial del concreto y ayudan a obtener una resistencia temprana más alta. Los acelerantes no son anticongelantes; sin embargo, ellos aceleran la velocidad de su asentamiento y el desarrollo de resistencia, haciéndolo más resistente a los daños producidos por congelamiento en clima frío. Los acelerantes también se utilizan en las construcciones de gran velocidad que requieren una temprana remoción de moldes (*formaletas, cimbras*), apertura al tráfico o aplicación de cargas en estructuras. Los acelerantes líquidos deben cumplir con las especificaciones para los tipos C y E de la ASTM C494 y se adicionan al concreto en la planta. Hay dos tipos de aditivos acelerantes: las basadas en cloruros y los libres de cloruros. Uno de los aditivos más efectivos y económicos es el cloruro de calcio, el cual está

disponible de forma líquida o en escamas y debe cumplir con los requerimientos de ASTM D 98. Para concreto no reforzado, el cloruro de calcio se especifica en cantidad no mayor del 2% en peso del cemento. Debido a la corrosión inducida en el acero de refuerzo por los cloruros, los límites de cloruros aplicados al concreto reforzado son menores. El concreto pretensado y el concreto con elementos embebidos de aluminio o metal galvanizado no deben contener ningún cloruro de calcio debido a la corrosión potencial. Acelerantes libres de cloruros son utilizados cuando hay preocupación por la corrosión de metales embebidos o del refuerzo en el concreto. Vea la Publicación de la NRMCA No. 173<sup>3</sup>.

5. **Reductores de agua de alto rango (HRWR).** Son una clase especial de aditivos reductores de agua. Frecuentemente denominados superplastificantes, los reductores de agua de alto rango reducen el contenido de agua de un concreto dado entre el 12 y el 25%. Por tal motivo, los HRWR se utilizan para incrementar la resistencia y reducir la permeabilidad del concreto reduciendo el contenido de agua en la mezcla; o para incrementar en gran medida el asentamiento y producir un concreto fluido sin adición de agua. Estos aditivos son esenciales para concretos de alta resistencia que tienen altos contenidos de materiales cementantes y mezclas que contengan humo de sílice. Por ejemplo, incorporando una dosis normal de estos aditivos a un concreto con un asentamiento de 3 a 4 pulgadas (75 a 100 mm), se producirá un concreto con un asentamiento de alrededor de 8 pulgadas (200mm). Algunos HRWR pueden causar un gran pérdida de asentamiento con el tiempo y el concreto se puede revertir a su asentamiento original entre 30 y 45 minutos. En algunos casos, HRWR pueden ser adicionados en el sitio de la obra con una supervisión adecuada. Estos aditivos están cubiertos por las especificaciones de la ASTM C494<sup>2</sup>, según los tipos F y G, y por la C1017 “Especificación para aditivos químicos para uso en la producción de concreto fluido” según los tipos 1 y 2.

Además de estos tipos estandarizados de aditivos, hay productos disponibles para mejorar las propiedades del concreto para una amplia variedad de aplicaciones. Algunos de esos productos incluyen: inhibidores de corrosión, aditivos reductores de contracción (*baja retracción*), antigrafitis, estabilizadores de hidratación o aditivos retardantes de larga duración, aditivos para reducir el potencial a la reacción álcali-agregado, ayudas de bombeo, y una gran variedad de colores y productos que mejoran la apariencia estética del concreto. Contacte su proveedor local de concreto premezclado para más información sobre aditivos especiales y los beneficios que estos generan a las propiedades del concreto.

#### RECOMENDACIÓN SOBRE CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO<sup>4</sup>

Tamaño máximo nominal de agregados mm (pulg)	Contenido de aire en porcentaje	
	Exposición severa	Exposición moderada
9.5 (3/8)	7.5	6
12.5 (1/2)	7	5.5
19.0 (3/4)	6	5
25.0 (1)	6	4.5
37.5 (1 1/2)	5.5	4.5
50 (2)	5	4
75 (3)	4.5	3.5

**Exposición severa.** Concreto en clima frío que estará en contacto permanente con agua antes de que ocurra congelación o en donde sales de deshielo sean utilizadas.

**Exposición moderada.** Concreto en clima frío que estará solo ocasionalmente expuesto a humedad antes de que ocurra congelación y que no está expuesto a la aplicación de sales de deshielo.

#### Referencias

1. ASTM C 260 “Standard Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete,” American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
2. ASTM C 494 “Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete.”
3. “Understanding Chloride Percentages,” NRMCA Publication No. 173.
4. “Superplasticizers in Ready Mixed Concrete,” NRMCA Publication No. 158.
5. ASTM C 1017 “Standard Specification for chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete.”



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 16 - Resistencia a Flexión del concreto

### ¿QUÉ es la resistencia a la flexión?

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto (*hormigón*). Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el *Módulo de Rotura* (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio).

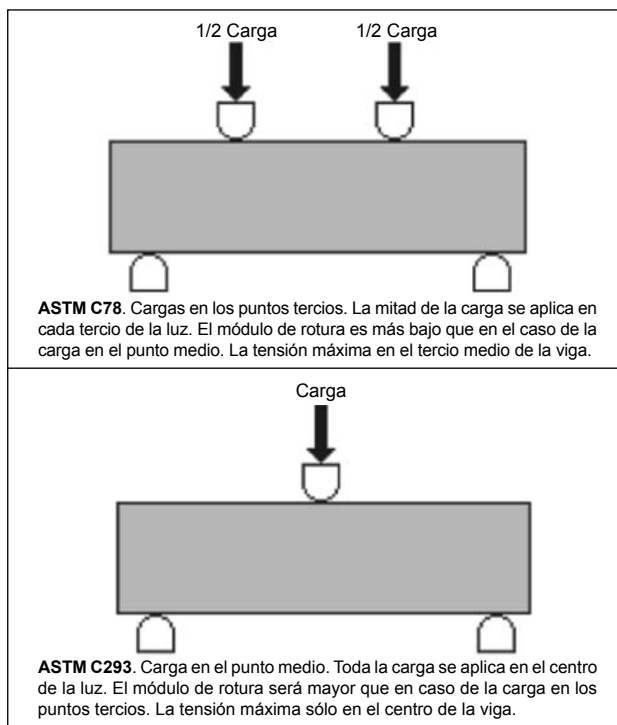
El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales dados y el diseño de la mezcla. El Módulo de Rotura determinado por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones tanto como en un 15%.

### ¿POR QUÉ es útil el ensayo de resistencia a flexión?

Los diseñadores de pavimentos utilizan una teoría basada en la resistencia a la flexión, por lo tanto, puede ser requerido el diseño de la mezcla en el laboratorio, basado en los ensayos de resistencia a la flexión, o puede ser seleccionado un contenido de material cementante, basado en una experiencia pasada para obtener el Módulo de Rotura de diseño. Se utiliza también el Módulo de Rotura para el control de campo y de aceptación de los pavimentos. Se utiliza muy poco el ensayo a flexión para el concreto estructural. Las Agencias y empresas que no utilizan la resistencia a la flexión para el control de campo, generalmente hallaron conveniente y confiable el uso de la resistencia a compresión para juzgar la calidad del concreto entregado.

### ¿CÓMO utilizar la resistencia a la flexión?

Las vigas probetas deben ser fabricadas adecuadamente en el campo. Las mezclas para pavimentos de concreto son secas, con asentamiento (*revenimiento*) de 1/2 a 2 1/2 pulgadas (1,25



a 6,25 cm), se consolidan por vibración de acuerdo con la norma ASTM C31 y se golpean los laterales para liberar las burbujas de aire. Para asentamientos más altos, después de aplicarles golpes con varilla, se golpean los moldes para liberar las burbujas de aire y se agita o pincha a lo largo de los laterales para garantizar su consolidación. *Nunca permita que se sequen las superficies de la viga en ningún momento.* Manténgala inmersa en agua saturada con cal durante 20 horas como mínimo antes de ensayarla.

Las especificaciones y las investigaciones que se hagan de las aparentes bajas resistencias deberán tener en cuenta la elevada variabilidad de los resultados de los ensayos de resistencia a la flexión. La desviación típica para las resistencias a flexión del concreto de hasta 800 libras por pulgada cuadrada (5.5 MPa) para proyectos con un buen rango de control está entre las 40 a 80 libras por pulgada cuadrada (0.3 a 0.6 MPa). Los valores de las desviaciones típicas por encima de las 100 libras por pulgada cuadrada (0.7 MPa) pueden indicar problemas en los ensayos. Existe una elevada probabilidad de que problemas en los ensayos,

o diferencias en la humedad dentro de una viga, debido a un secado prematuro, puedan ocasionar baja resistencia.

En aquellos lugares donde haya sido establecida en el laboratorio una correlación entre la resistencia a la flexión y la resistencia a compresión, se pueden utilizar las resistencias de los testigos para la resistencia a compresión, según la ASTM C42, para chequear contra el valor deseado, empleando el criterio de la ACI 318 del 85% de la resistencia especificada, para el promedio de tres testigos. No resulta práctico aserrar vigas de una losa para los ensayos a flexión, el aserrado de vigas reducirá en gran medida la resistencia a flexión medida y no debe ser hecho. En algunos casos se utiliza la resistencia a tracción indirecta de testigos por la ASTM C496, pero la experiencia de cómo analizar los datos de los ensayos es limitada.

Otro procedimiento para la investigación en sitio, consiste en evaluar la resistencia a compresión de núcleos extraídos (*testigos, corazones*) comparándolos con vaciados aceptables efectuados en la proximidad del concreto en cuestión, veamos un ejemplo:

**MÉTODO PARA HALLAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN UTILIZANDO LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE TESTIGOS**

	Lote 1	Lote 2	Lote 3
MR, Mpa	5.03 (OK)	4.74 (?)	5.04 (OK)

$$\approx .3 \times \left( \frac{5.0 + 5.04}{31.0 + 30.1} \right) = 5.32 \text{ MPa}$$

**¿CUÁLES son los problemas con la flexión?**

Los ensayos de flexión son extremadamente sensibles a la preparación, manipulación y procedimientos de curado de las probetas. Las vigas son muy pesadas y pueden ser dañadas cuando se manipulan y transportan desde el lugar de trabajo hasta el laboratorio. Permitir que una viga se seque dará como resultado más bajas resistencias. Las vigas deben ser curadas de forma normativa, y ensayadas mientras se encuentren húmedas. El cumplimiento de todos estos requerimientos en el lugar de trabajo es extremadamente difícil lo que da frecuentemente como resultado valores de Módulo de Rotura no confiables y generalmente bajos. *Un período corto de secado puede producir una caída brusca de la resistencia a flexión.*

Muchas agencias estatales de vías han utilizado la resistencia a la flexión, pero ahora están cambiando hacia la resistencia a compresión o a los conceptos de madurez para el control de los trabajos y el aseguramiento de la calidad de los pavimentos de concreto. Las resistencias a compresión de las probetas cilíndricas son también utilizadas para las estructuras de concreto.

*Los datos obtenidos puntualizan la necesidad de hacer una revisión de los procedimientos corrientes de ensayo. Ellos sugieren también que, mientras el ensayo de resistencia a flexión es una herramienta útil en la investigación y en la evaluación de laboratorio de los ingredientes del concreto y de sus proporciones, es muy sensible a las variaciones de los ensayos para ser utilizado como base para la aceptación o rechazo del concreto en el campo. (Referencia 3)*

La NRMCA y la Asociación Americana de Pavimentos de Concreto (ACPA) tienen una política de que el ensayo de resistencia a compresión es el método preferido de aceptación del concreto y que el ensayo debe ser conducido por técnicos certificados. Los Comités del ACI 325 y 330 sobre la construcción y diseño de pavimentos de concreto, y la Asociación del Cemento Portland (PCA) puntualizan la utilización de los ensayos de resistencia a compresión como los más convenientes y confiables.

La industria del concreto y las agencias de inspección y ensayos están mucho más familiarizados con los ensayos tradicionales a compresión de las probetas cilíndricas, para el control y la aceptación del concreto. La flexión puede ser utilizada con propósitos de diseño, pero la resistencia a compresión correspondiente debe ser utilizada para ordenar y aceptar el concreto. En el momento en que se realicen las mezclas de prueba, se deberán hacer tanto los ensayos a flexión como a compresión de manera que puede ser desarrollada una correlación para el control de campo.

**Referencias**

1. *How Should Strength be Measured for Concrete Paving?* Richard C. Meininger, NMRCA TIL 420, and Data Summary. NMRCA TIL 451, NMRCA, Silver Spring, MD.
2. *Concrete Strength Testing*, Peggy Carrasquillo, Chapter 14, ASTM STP 169C, Significance of Test and properties of Concrete and Concrete-Making Materials, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
3. *“Studies of Flexural Strength of Concrete, Part 3, Effects of Variations in Testing procedures”*, Stanton Walker and D.L. Bloem, NMRCA Publication No. 75, NMRCA, Silver Spring, MD.
4. *Variation of Laboratory Concrete Flexural Strength Tests*, W. Charles Greer, Jr., ASTM Cement, Concrete and Aggregates. Winter, 1983, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
5. *“Concrete Mixture Evaluation and Acceptance for Air Field Pavements”* Richard C. Meininger and Norm Nelson, NMRCA Publication 178, September 1991, NMRCA, Silver Spring, MD.
6. *Compression vs. Flexural Strength for Quality Control of Pavements*, Steve Kosmatka, CTT PL 854, 1985, Portland Cement Association, Skokie, IL.
7. *Time to Rein in the Flexure Test*, Orrin Riley, ACI Concrete



# Hormigón El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 17 - Relleno fluido

### ¿QUÉ es el relleno fluido?

El relleno fluido es un material auto-compactante de baja resistencia con una consistencia fluida, que es utilizado como un material de relleno económico, como alternativa al relleno granular compactado. El relleno fluido no es concreto (*hormigón*) ni es utilizado para reemplazar el concreto. La terminología empleada por el Comité 229 del ACI es *Material de Baja Resistencia Controlada* (MBRC). Otros términos utilizados para este material son: Relleno sin retracción, Relleno de densidad controlada, mortero fluido o mezcla pobre de relleno.

En términos de su fluidez, el asentamiento (*revenimiento*), tal como se mide para el concreto, es generalmente superior a las 8 pulgadas (200 mm). Es un material auto-compactante y puede ser colocado con un esfuerzo mínimo, además no requiere de vibración o golpes. Endurece como un material fuerte con un asentamiento mínimo.

Mientras la definición más amplia incluye los materiales con resistencia a compresión menor que 1200 libras por pulgada cuadrada (8.3 MPa), la mayoría de las aplicaciones emplean mezclas con resistencias inferiores a las 300 libras por pulgada cuadrada (2.1 MPa). La resistencia a mayor edad de un MBRC removible debe estar en el rango de 30 a 200 libras por pulgada cuadrada (0.2 a 1.4 MPa) medida por la resistencia a compresión de las probetas cilíndricas. Es importante que la expectativa de una futura excavación del relleno fluido sea previamente establecida cuando se especifica o se ordena el material.

### ¿POR QUÉ se utiliza el relleno fluido?

El relleno fluido es una alternativa económica al relleno granular compactado, considerando los ahorros en fuerza de trabajo, equipos y tiempo. Partiendo de que no necesita compactación manual, el ancho de la trinchera (*zanja*) o el tamaño de la excavación es significativamente menor. La colocación del relleno fluido no requiere de personas dentro de la excavación, lo que representa un significativo grado de seguridad. El MBRC es además una solución excelente para el relleno de áreas inaccesibles, tales como tanques subterráneos o soterrados, donde el relleno compactado no puede ser colocado.

#### Los usos del relleno Fluido incluyen:

1. RELLENOS SIMPLES. Zanjas o trincheras para alcantarillas, trincheras para instalaciones, estribos de puentes, recubrimiento de conductos, muros de contención y cortes de carreteras.
2. RELLENO ESTRUCTURAL. Sub-base de cimientos, bases para losas de piso, bases para pavimentos, cimientos de conductos y excavación de pilones.
3. OTROS USOS. Minas abandonadas, tanques de almacenamiento subterráneos, pozos, pozos de ventilación y alcantarillas de túneles abandonados. cimientos y estructuras subterráneas, o vacíos debajo de pavimentos, control de la erosión y aislamiento térmico con relleno fluido con elevado contenido de aire.



### ¿CÓMO se ordena el relleno fluido?

Solicitarlo para el uso deseado e indicar si se requerirá removerlo en el futuro. Los productores de concreto premezclado generalmente han desarrollado proporciones de mezclas para los productos de relleno fluido que hacen el mejor uso de agregados económicos, cenizas volantes y otros materiales. Frecuentemente los materiales excavados en el terreno (*sitio*) y los materiales que no cumplen las normas para ser empleados en el concreto, pueden ser incorporados en las mezclas de rellenos fluidos.

**Resistencia.** Para una posterior remoción la resistencia última del relleno fluido debe permanecer por debajo de las 200 libras por pulgada cuadrada (1.4 MPa) para permitir la excavación con equipos mecánicos, como las retroexcavadoras. Para la excavación manual la resistencia última debe ser menor que 50 libras por pulgada cuadrada (0.3 MPa). Las mezclas que contienen grandes cantidades de agregado grueso son más difíciles de excavar. Las mezclas con aire incorporado por encima de un 20% en volumen son utilizadas para mantener la resistencia baja.

Los rellenos estructurales de más alta resistencia pueden ser di-

señados para una resistencia específica requerida. La resistencia a compresión de 50 a 100 libras por pulgada cuadrada (0.3 a 0.7 MPa) dan una capacidad portante permisible similar a un suelo bien compactado.

**El fraguado y la resistencia temprana** pueden ser importantes en los lugares donde hay tráfico de equipos, o cargas de construcción, o donde serán planificadas construcciones en períodos subsecuentes. Evalúe las características del fraguado mediante la eliminación de agua y finos acumulados en la superficie y observe cuánta fuerza es necesaria para causar una huella en el material. Las normas ASTM C403 o la ASTM D6024 se pueden utilizar para estimar la capacidad portante de cargas del relleno fluido. Valores de penetración según la C403 entre 500 y 1500 libras por pulgada cuadrada son adecuados para un relleno fluido portante.

**La densidad en el lugar** usualmente está entre 115 a 145 libras por pie cúbico (7,2 a 9 kg/m<sup>3</sup>) para mezclas sin aire incorporado o mezclas convencionales con aire incorporado. Estas densidades son típicamente mayores que la mayoría de los rellenos compactados. Si se necesitan rellenos ligeros para reducir el peso o garantizar un mayor aislamiento térmico, pueden utilizarse mezclas con más de un 20% de aire incorporado, espumas preformadas o agregados ligeros.

**La fluidez** del relleno fluido es muy importante, pues la mezcla deberá fluir en el lugar y consolidarse debido a su propia consistencia, sin acción de la vibración o agitación. La consistencia puede variarse para adecuarse a los requerimientos de la colocación de la mayoría de las aplicaciones. La presión hidrostática y la flotación de las tuberías debe ser considerada para asegurar el anclaje apropiado de las mismas.

**El asentamiento** de algunas mezclas de rellenos fluidos con elevado contenido de agua está en el orden de 1/4 pulgadas por pie (20 mm por metro) de profundidad cuando el material sólido se asienta. Las mezclas con elevado contenido de aire emplean menos agua y no tienen ningún asentamiento o es muy pequeño.

**La Permeabilidad** de las mezclas de relleno fluido puede variar significativamente para ajustarse a su uso. La permeabilidad del re-

lleno puede ser similar o menor que la de un suelo compactado.

**Durabilidad.** Los rellenos fluidos no están diseñados para resistir la congelación y el deshielo, las acciones abrasivas o la mayoría de las erosivas, o simplemente el ataque de sustancias químicas. Si se requieren estas propiedades, utilice un concreto de alta calidad. Los materiales de relleno están usualmente enterrados en el suelo o confinados de alguna otra forma. Si el relleno fluido se deteriora en el lugar continuará actuando como un relleno granular.

## ¿CÓMO se entrega y coloca el relleno fluido?

El relleno fluido es entregado por los camiones mezcladores y se vierte fácilmente por los canalones (*canaletas*) en una condición fluida, directamente dentro de la cavidad a ser rellenada. La olla o tolva del camión deberá permanecer en agitación para evitar la segregación. El relleno fluido puede ser transportado por equipo de bombeo, canaleta o carretillas hasta su ubicación final. Para un eficiente bombeo, se necesitan algunos materiales granulares en la mezcla. Debido a su consistencia fluida puede fluir a largas distancias desde el punto de vaciado.

El relleno fluido no necesita ser curado como el concreto, pero debe ser protegido de la congelación hasta que haya endurecido.

### Referencias

1. *Controlled Low Strength Materials*, ACI 229R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. *Recommended Guide Specification for CLSM (Flowable Fill)* NRMCA Publication 2PFFGS, National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, MD
3. *ASTM Book of Standards, Volumes 04.09 and 04.02*, American Society for testing and Materials, West Conshohocken, PA.
4. *Controlled Low Strength Materials*, ACI SP-150, ed. W.S. Adaska. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
5. *The Design and Application of Controlled Low-Strength Materials (Flowable Fill)*, ASTM STP 1331, ed. A.K. Howard and J.L. Hitch, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
6. *Controlled Low-Strength Materials*, W.S. Adaska, *Concrete International*, April 1997, pp. 41-43, American Concrete Institute. Farmington Hills, MI.

### ENSAYO DE LAS MEZCLAS DE RELLENO FLUIDO

No son necesarios los ensayos de aseguramiento de la calidad para las mezclas estandarizadas pre-ensayadas de relleno fluido. Es adecuado el chequeo visual de la consistencia de la mezcla y su desempeño. Los métodos de ensayo y el criterio de aceptación utilizados para el concreto no son generalmente aplicables. Los ensayos pueden ser apropiados con nuevas mezclas o si se emplean materiales no tipificados.

- Obtenga las muestras para el ensayo de las mezclas de relleno fluido de acuerdo con la ASTM D 5971
- Se mide la consistencia fluida de acuerdo con la ASTM D 6103. Un diámetro de dispersión uniforme de 8 pulgadas (20cm) como mínimo, sin segregación, es necesario para garantizar una buena fluidez. Otro método de medición de la fluidez es con un cono de fluidez, según la ASTM C 939. La mezcla ensayada no deberá contener agregado grueso retenido en el tamiz No. 4 (4.75 mm). Un tiempo de fluidez de 10 a 26 segundos es generalmente recomendado.
- El peso Unitario, el rendimiento y el contenido de aire del relleno fluido se miden por la ASTM D 6023.
- La preparación y ensayo de las probetas para la resistencia a compresión se describe en la ASTM D 4832. Utilice moldes cilíndricos plásticos de 3 x 6 pulgadas (75 x 150 mm), llénelos por encima de su borde y entonces golpee ligeramente sus laterales. Se pueden utilizar otras medidas y tipos de moldes siempre que la relación entre la longitud y el diámetro sea de 2 es a 1. Cure las probetas en sus moldes (cubiertos) hasta el momento del ensayo (como mínimo a los 14 días). Desmóldelas cuidadosamente utilizando un cuchillo para cortar el molde plástico. El refrentado (*cabeceo*) con compuestos de azufre puede dañar a estos especímenes de baja resistencia. Se ha utilizado un refrentado con neopreno, pero los morteros con yeso de alta resistencia parecen trabajar mejor.
- Los ensayos de resistencia a la penetración tales como los descritos en la ASTM C 403 se pueden usar para juzgar el desarrollo del fraguado y de las resistencias. Valores de resistencia a la penetración de 500 a 1500 indican un adecuado endurecimiento. Un valor de penetración de 4000, que es aproximadamente de 100 libras por pulgada cuadrada (0.7 MPa) de resistencia a compresión de una probeta cilíndrica, es mayor que la capacidad de carga de la mayoría de los suelos compactados. Otro método de ensayo para evaluar el endurecimiento adecuado después del vaciado es el ensayo de impacto, según la ASTM D 6024. Un diámetro de huella menor de 3 pulgadas (75 mm) se considera adecuado para la mayoría de las aplicaciones de cargas. Se puede desarrollar una relación entre la ganancia de resistencia del relleno fluido y la resistencia a la penetración para mezclas específicas.

### ADVERTENCIAS

1. El relleno fluido mientras está en estado fresco es un material pesado y durante el vaciado ejercerá una elevada presión contra los encofrados, diques, o muros que lo contengan.
2. La colocación del relleno fluido alrededor y por debajo de tanques, tuberías o grandes contenedores, tales como piscinas, puede provocar que estos elementos floten o se levanten.
3. El sitio de colocación del relleno fluido deberá ser cubierto o acordonado por razones de seguridad.



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El <sup>Hormigón</sup> Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 18 - Edificios resistentes al Radón

### ¿QUÉ es el radón?

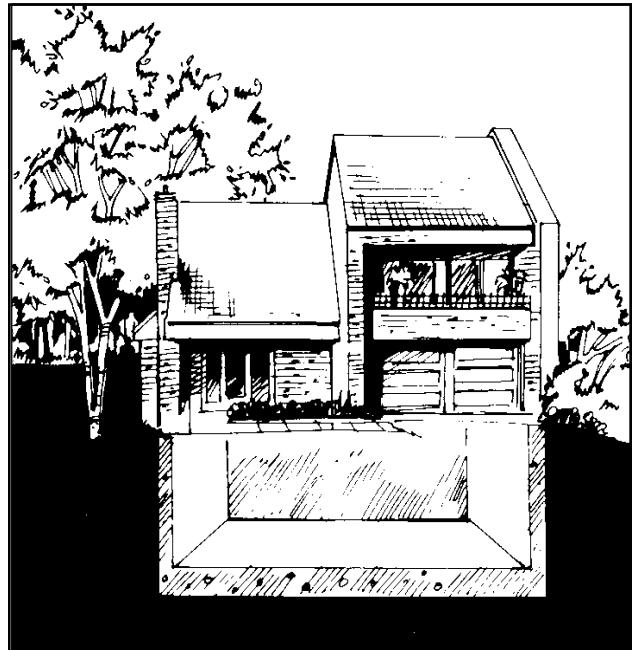
El radón es un gas incoloro, inodoro y radiactivo que se produce naturalmente en los suelos, en cantidades que dependen de la geología del lugar. La velocidad de avance del radón a través del suelo depende fundamentalmente de la permeabilidad del mismo y del grado de saturación, así como de las diferencias en la presión de aire dentro del suelo. El gas del suelo penetra en los edificios a través de las grietas o aberturas en los cimientos, las losas, o de las paredes del sótano, cuando la presión del aire en una construcción o edificio es menor que en el suelo.

El gas radón se descompone en otros elementos radiactivos en las series del uranio, que se denomina "Los derivados del radón". Ellos existen como partículas sólidas además de un gas.

### ¿POR QUÉ son preocupantes los niveles de radón en los edificios?

La preocupación se debe a una asociación con el desarrollo de cáncer en el pulmón. Los derivados del radón pueden aparecer junto con partículas de polvo en el aire. Si estas partículas se inhalan, pueden alojarse en el pulmón. La energía emitida durante la descomposición radiactiva mientras se encuentran en el pulmón puede causar daños en el tejido lo que ha sido relacionado con el cáncer del pulmón.

El nivel de riesgo en la salud asociado con el radón está relacionado con la concentración de radón en el aire y el tiempo que una persona está expuesta a ese aire. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA) ha desarrollado un perfil de riesgo para la exposición al radón en varias concentraciones, y estableció un nivel de acción, o sea una concentración por encima de la cual hay que hacer esfuerzos para reducir los niveles de radón<sup>1</sup>. Es



Eliminación de las rutas de entrada para los gases del suelo mediante la adecuada distribución de juntas, sellado y (cuando sea necesario) ventilación.

prudente tomar medidas durante la construcción que reducirán la cantidad de radón que penetra en una edificación.

### ¿CÓMO construir edificios de concreto resistentes al radón?

El concreto (*hormigón*) sólido es un material excelente para emplearlo en la construcción de edificaciones resistentes al gas radón. Es una barrera efectiva a la penetración del gas procedente del suelo, si las grietas y las aberturas son selladas.

Las losas y las paredes de los sótanos concreto sólido son comúnmente utilizados en las edificaciones residenciales. Los edificios resistentes al radón pueden ser fácilmente construidos con concreto. En las construcciones

de concreto, el factor crítico es eliminar todas las rutas de entrada a través de las cuales pueden fluir los gases provenientes del suelo dentro de la edificación.

La construcción de edificaciones resistentes al radón requiere ajustarse a las prácticas de construcción aceptadas, con atención especial a un grupo adicional de detalles. En los casos donde se esperan altos niveles de radón, puede ser garantizada durante la construc-

ción, la instalación de un sistema de ventilación bajo la losa, o sea incorporando una base granular de gradación abierta por debajo de la losa. Estos sistemas garantizan unos medios positivos de evacuación del gas del suelo por debajo de la losa, desviándolo directamente hacia el exterior<sup>2,3</sup>.

#### Referencias

1. "A Citizen's Guide to Radon—What It Is and What To Do About It," U.S. Environmental Protection Agency, OPA-86004, 1986, 13 pp. Available from state radiation protection offices or EPA regional offices.
2. "Radon Reduction in New Construction—An Interim Guide," U.S. Environmental Protection Agency, OPA-87-009, 1987, 7 pp. Available from EPA, (513) 569-7771.
3. "Radon Reduction Techniques for Detached Houses—Technical Guide," U.S. Environmental Protection Agency, EPA/625/5-86/019, 19N, 50 pp. Available from EPA Center for Environmental Research Information, (513) 569-7562.
4. "Production of Radon-Resistant Slab on Grade Foundations," Florida Institute of Phosphate Research, Bartown, Florida, 1987, 9 pp.
5. "Guide to Residential Cast-In-Place Concrete Construction," ACI 332R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
6. "Production of Radon-Resistant Foundations," A. G. Scott and W. O. Findlay, American ATCON, Inc., Wilmington, Delaware, 1987, 54 pp. Available from NTIS, Alexandria, Virginia, PB89-116149/WBT, (703) 487-4650.
7. Technical information on radon-resistant construction is available from the National Association of Home Builders, National Research Center, Radon Research Program, (301) 249-4000.

#### Guía de recomendaciones para reducir la entrada del radón

1. Diseñe para minimizar las aberturas o penetraciones de tuberías o instalaciones. Las aberturas de bombas deben ser selladas y descargadas al exterior.
2. Minimice las grietas aleatorias empleando juntas de control y de aislamiento en paredes y pisos. Las juntas planificadas pueden ser fácilmente selladas<sup>5</sup>. Si se ejecutan adecuadamente, cualquier grieta ocurrirá en la junta y puede ser fácilmente sellada.
3. Las losas monolíticas de cimentación son una vía efectiva para minimizar la entrada del radón<sup>2,4,6</sup>. Para las viviendas con losas sobre el suelo en climas cálidos, vierta el cimiento y la losa como una sola unidad monolítica.
4. Utilice materiales que minimizarán la retracción y la fisuración del concreto (mayores tamaños de agregados (*áridos*) y una adecuada relación agua/cemento).
5. Cuando se utilice polietileno por debajo de la losa, coloque una capa de arena por encima de la misma. Vea el CIP 5 y el CIP 7.
6. Quite las estacas de elevación de acabado después de emparejar la losa. (Si se quedan pueden ser la de entrada a través de la losa)<sup>2</sup>
7. Construya las juntas de manera que se facilite su sellado.<sup>5</sup>
8. Cure el concreto de forma adecuada. Vea el CIP 11.
9. Rellene y selle todas las juntas y aberturas en las paredes o pisos. (Si se producen grietas, ellas deben ser expuestas (*regateadas*), rellenas y selladas)<sup>2,3</sup>.



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado



## CIP 19 - Alabeo de losas de concreto

### ¿QUÉ es el alabeo?

El alabeo es la distorsión que sufre una losa tomando una forma curvada hacia arriba o hacia abajo encorvando sus bordes. Esta distorsión puede levantar los bordes de la losa respecto a la base, dando lugar a un borde o esquina sin apoyo que puede agrietarse cuando se aplican cargas pesadas. Algunas veces el alabeo es evidente a edad temprana. En otros casos, las losas pueden alabearse durante un período de tiempo mayor.

### ¿POR QUÉ se alabean las losas de concreto?

Típicamente, el alabeo hacia arriba de los bordes de la losa es provocado por el encogimiento debido al secado o contracción relativa de la parte superior respecto a la base de la misma. Cuando una superficie de la losa cambia en magnitud más que la otra, la losa se arquea por sus bordes en la dirección del acortamiento relativo. Este alabeo es más perceptible en los lados y las esquinas.

Los cambios en las dimensiones de la losa que conducen al alabeo son más frecuentemente relacionados con los gradientes de humedad y temperatura en la losa. Una característica primaria del concreto que afecta el alabeo es la retracción por secado. El caso más común de alabeo es cuando la parte superior de la losa se seca y se retrae con respecto a la base de la misma. Los bordes de la losa se alabean hacia arriba (Figura 1A). El alabeo inmediato de una losa es más frecuentemente relacionado con un pobre curado y un secado rápido de la superficie; y cualquier factor que incremente la retracción por secado, tal como un aditivo, tenderá a incrementar el alabeo.

En las losas, una exudación (*sangrado*) y un curado pobres tienden a producir un concreto en la superficie con mayor riesgo de contracción por secado que el concreto en la parte inferior de la misma. La exudación se acentúa en losas sobre polietileno o mezclas colocadas encima de losas existentes de concreto; y las diferencias de contracción de la parte superior con respecto a la parte inferior en estos casos son mayores que para las losas sobre sub-bases absorbentes.

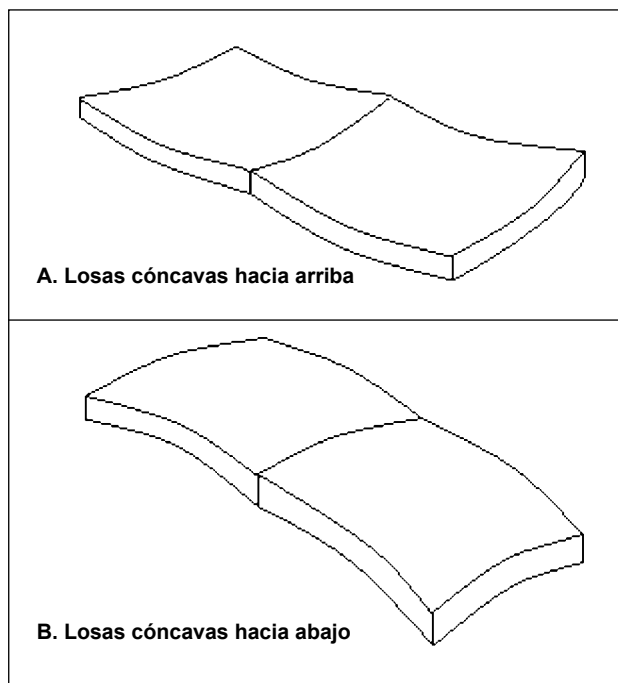


Figura 1. Alabeo de Losas de Concreto (del registro de investigación de la Transportación 1207)

Las losas delgadas y los espaciamientos muy largos de las juntas tienden a incrementar el alabeo. Por esta razón, las losas de remate no adheridas -a losas existentes- necesitan tener un espaciamiento de juntas bastante menor.

En pisos industriales, las juntas espaciadas muy cerradamente pueden no ser muy aconsejables ya que un número elevado de juntas presentará también mayores problemas de mantenimiento. No obstante, esto debe balancearse contra la probabilidad de grietas aleatorias intermedias e incremento de alabeo en las juntas.

El otro factor que puede causar alabeo son las diferencias de temperatura entre las partes superior e inferior de la losa. La parte superior de la losa expuesta al sol se expandirá en relación con la porción inferior menos caliente provocando un alabeo hacia abajo de los bordes (Figura 1B). Alternativamente, bajo temperaturas frías durante la noche cuando la

parte superior se contrae con respecto a la parte subyacente cálida, el alabeo debido a este diferencial de temperatura se añadirá al alabeo hacia arriba provocado por los diferenciales de humedad.

## ¿CÓMO minimizar el alabeo de las losas?

Los factores primarios que controlan los cambios dimensionales del concreto y que conducen a su vez al alabeo, son la contracción por secado, las prácticas de construcción, las sub-bases mojadas o húmedas y los ciclos de temperatura en el día y la noche. Las siguientes prácticas ayudarán a minimizar el alabeo potencial:

1. Utilice el asentamiento (*revenimiento*) más bajo posible en la mezcla y evite añadir agua de reemplado, particularmente en clima caliente.
2. Utilice el mayor tamaño máximo de agregado y/o el más alto contenido de agregado (*árido*) grueso posible, para minimizar la contracción por secado.
3. Tome precauciones para evitar una exudación excesiva. Utilice una sub-base humedecida, pero con baja absorción, de manera que el agua de exudación no esté forzada a subir a la superficie de la losa.
4. Evite utilizar barreras de vapor de polietileno a menos que las haya cubierto como mínimo con dos pulgadas de espesor de arena húmeda.
5. Evite un contenido de cemento más alto que el necesario si la sub-base estará en servicio bajo condiciones húmedas. Un concreto denso e impermeable producirá diferenciales de temperatura más grandes entre la superficie y la base y se alabeará más. En vez de un muy alto contenido de cemento es preferible utilizar mezclas con ceniza volante y en este caso deben tomarse consideraciones adecuadas para especificar la resistencia a 56 ó 90 días.
6. Cure el concreto cuidadosamente, incluyendo las juntas y los bordes. Si se emplean materiales de curado que formen película o membrana, aplíquelos duplicando la cantidad recomendada en dos aplicaciones en ángulo recto respecto a la otra.

7. Para áreas de pisos donde el alabeo tiende a ser un problema, cure el concreto con un compuesto de sellado de cera pesada para pisos, del mismo tipo que se utiliza sobre terrazo. (Nota: los adhesivos utilizados para colocar pisos de mosaico o loseta no se adhieren a estos materiales de curado).
8. Utilice un espaciamiento de junta medido en pies igual a dos veces el espesor de la losa en pulgadas (recomendación de la Asociación de Cemento Portland, PCA, para un tamaño máximo de agregado menor que  $\frac{3}{4}$  de pulgada).
9. Para recubrimientos de poco espesor, limpie la losa base para asegurar su adherencia y considere la utilización de barras y cables pasantes alrededor de los bordes y particularmente en las esquinas de la losa.
10. Utilice un mayor espesor de losa.
11. La utilización de un refuerzo adecuadamente diseñado y colocado para la losa puede ayudar a reducir el alabeo.

---

### Referencias

1. Cement and Concrete Terminology, ACI SP-19, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
  2. Guide for Concrete Floor and Slab Construction, ACI 302.1R American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
  3. "Shrinkage and Curling of Slabs on Grade, Part II-Warping and Curling," R. F. Ytterberg, ACI Concrete International May 1987, pp. 54-61.
  4. "Drying Shrinkage of Concrete," R. C. Meininger, NRMCA Engineering Report No. RD3 (A Summary of Joint Research Laboratory Series), June 1966, 22 pp.
  5. NRMCA "Concrete in Practice" (CIP) Series.
  6. "Slabs on Grade," ACI Concrete Craftsman Series, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
  7. Transportation Research Record 1207, Pavement Design, National Research Council, Washington, D.C., 1988, p. 44.
  8. "Design and Control of Concrete Mixtures," Portland Cement Association, Skokie, IL.
- 



# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 20- Delaminación de las superficies de concreto terminadas con llana

### ¿QUÉ son las delaminaciones?

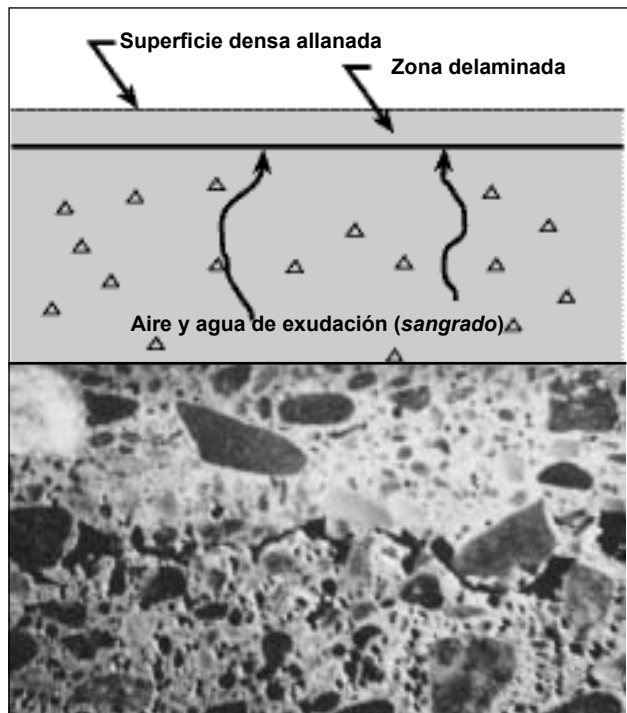
En una superficie delaminada, un 1/8 de pulgada (3.2 mm) del espesor en la parte superior se torna más densa y se separa de la losa base mediante una capa fina de aire o agua. Las delaminaciones de la superficie de una losa pueden variar desde algunas pulgadas cuadradas (o cm<sup>2</sup>) hasta un área de bastantes pies cuadrados (o m<sup>2</sup>) y pueden ser detectadas por un sonido hueco cuando se golpea con un martillo o con una pesada cadena de arrastre. Este tipo de superficies también pueden mostrar agrietamiento y diferencias de color debido al rápido secado de la superficie fina durante el curado. El tráfico o la congelación pueden romper la superficie en grandes láminas. Las delaminaciones son similares a las ampollas, pero mucho más grandes (Ver el CIP 13).

Las delaminaciones se forman durante el acabado final con llana. Son más frecuentes a principios de la primavera y a finales del otoño, cuando el concreto (*hormigón*) es vaciado sobre una sub-base fría y con temperaturas elevándose durante el día, pero pueden ocurrir en cualquier momento.

### ¿POR QUÉ ocurre la delaminación?

La delaminación ocurre cuando la superficie del concreto fresco es sellada mediante un alisado con llana mientras el hormigón subyacente está en estado plástico y exudando (*sangrando*) o aún puede liberar burbujas de aire. Las delaminaciones se forman en la última fase durante el proceso de acabado, después de la nivelación y después del primer alisado. La evaporación rápida del agua de exudación (*sangrado*) debido al secado de la superficie (por el viento, el sol, o una baja humedad) hace que la superficie parezca estar lista para el acabado con llana, mientras que el concreto subyacente está en estado plástico y puede aún exudar o liberar aire. Las barreras de vapor por debajo de la losa obligan al agua a subir y agravan el problema. La utilización de cenizas volantes y retardadores químicos demorarán el fraguado inicial del concreto subyacente permitiendo que el agua de exudación y el aire se muevan hacia arriba después que la superficie se ha sellado.

El aire incorporado reduce la exudación y promueve el acabado temprano que a su vez producirá una capa superficial densa e impermeable. Una sub-base fría demora el



Concreto delaminado

fraguado de la parte inferior de la losa en relación con la parte superior. El aire y el agua se acumulan debajo de la densa capa superficial durante el allanado.

La delaminación se forma más frecuentemente si sucede alguno de los siguientes eventos:

1. El concreto subyacente fragua lentamente debido a una sub-base fría.
2. Se retarda el fraguado mediante aditivos retardadores y /o con cenizas volantes.
3. Se incorpora aire en la mezcla (o su cantidad es más elevada que lo normal).
4. Se emplea un vibrador de alta frecuencia o regla vibratoria, los cuales aportan demasiado mortero a la superficie.
5. Se aplican golpes secos, particularmente en un concreto con aire incorporado.
6. El concreto es viscoso con un alto contenido de material

cementoso o arena.

7. La losa es gruesa.
8. La losa está colocada directamente sobre una barrera de vapor.

## ¿CÓMO evitar la delaminación?

Tenga precaución con una superficie de hormigón que parece estar lista para el alisado con llana antes de lo que normalmente se esperaría. El énfasis en la nivelación inicial debe hacerse en el enrase, la formación de los bordes rectos y el alisado del hormigón, que sea tan rápido como sea posible – sin provocar una excesiva capa de mortero encima.

El allanado posterior deberá demorarse tanto como sea posible y la superficie deberá cubrirse con polietileno u otra barrera de protección contra la evaporación. En el allanado inicial las cuchillas de la allanadora mecánica deben estar horizontales para evitar la densificación del concreto demasiado temprano. Los aditivos acelerantes o el calentamiento del concreto frecuentemente evitan la delaminación en clima frío.

La delaminación puede ser difícil de detectar durante las operaciones de acabado. Si se observan signos de delaminación, trate de aplanar las cuchillas de la allanadora mecánica o alise la superficie con una llana de madera y demore el acabado tanto como sea posible. Cualquier paso que se tome para reducir la velocidad de la evaporación debe ayudar.

Si se requiere de una barrera de vapor, coloque una capa de agregado fino húmedo sobre la pieza de plástico (Vea el CIP 29). No coloque directamente el hormigón sobre la barrera de vapor. No utilice un concreto con aire incorporado en losas de piso que se conciben con una superficie fuertemente afinada con llana mecánica y que no va a estar sometida a sales de deshielo.



**Concreto delaminado**

### Referencias

1. “Guide for Concrete Floor and Slab Construction,” ACI 302. IR, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. “Finishing,” Concrete Construction, August 1976, p. 369.
3. J. C. Yeager, “Finishing Problems and Surface Defects in Flatwork,” Concrete Construction, April 1979, pp. 247-258.
4. Problems and Practices, ACI Journal, December 1955, p. 492.
5. “Caution-Delamination of Industrial Floors on Grade,” NRMCA Technical Information Letter No. 470, June 21, 1989.

### Siga estas reglas para evitar la delaminación

1. No selle la superficie demasiado temprano – antes de que haya escapado el aire o el agua de exudación (*sangrado*) desde abajo.
2. Evite los golpes secos en mezclas con aire incorporado.
3. Utilice concreto calentado o con aditivo acelerante para promover un fraguado parejo en todo el espesor de la losa.
4. No coloque el concreto directamente sobre barreras de vapor.
5. No utilice concreto con aire incorporado, a menos que vaya a quedar expuesto a sales de deshielo.
6. Evite colocar el concreto sobre un sustrato con una temperatura inferior a los 40°F. (5°).

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 21 - Pérdida del contenido de aire en el concreto bombeado

### ¿QUÉ es la pérdida de aire durante el bombeo?

De forma cada vez más frecuente, los fabricantes están ensayando el concreto (*hormigón*) en el punto de descarga de los equipos de bombeo de concreto, y en algunos casos han encontrado contenidos de aire mucho más bajos que en las muestras ensayadas en el descargue del camión mezclador.

Es normal encontrar de un 0.5 a un 1% menos de aire en la descarga de la bomba, sin embargo, cuando la tubería de 5 pulgadas (125 mm), a lo largo de la pluma de la bomba, está orientada en una longitud descendente cercana a la vertical, el contenido de aire en la descarga puede ser menor de la mitad de la del concreto que se recibe en la tolva del equipo de bombeo.

Cuando la pluma está hacia arriba u horizontal, excepto para una sección de 12 pulgadas (30 cm) de la manguera de goma, no hay generalmente significativa pérdida de aire. Existe alguna controversia sobre que tan frecuentemente la pérdida de aire es un problema en el concreto bombeado. Ciertamente esto no ocurre con frecuencia, o al menos en la mayoría de los casos, sin embargo ocurre lo suficientemente frecuente para ser considerado seriamente hasta que sean desarrolladas mejores soluciones.

### ¿QUÉ es la pérdida de aire?

Hay varios mecanismos involucrados, pero la pérdida de aire ocurre si el peso del concreto en una tubería descendente vertical o cercana a la vertical es suficiente para vencer la resistencia a la fricción y entonces deja que una porción del material se deslice hacia abajo por la tubería. Una parte de la teoría es que cuando el concreto se desliza hacia abajo en la tubería, desarrolla un vacío que expande en gran medida las burbujas de aire, y cuando golpean en un codo en la pluma o en una superficie horizontal, las burbujas colapsan. Se puede demostrar el efecto del impacto por caída de concreto 15 ó 20 pies (4,5 a 6 m) dentro de una cubeta. Naturalmente, la transición desde una presión de varios mega



Pascales de presión en la línea a una condición cercana al vacío, puede hacer que el asunto empeore. La mayoría de las experiencias de campo sugieren que la pérdida de aire es mayor en el concreto con un contenido de cemento alto y en las mezclas fluidas que se deslizan más fácilmente. Sin embargo la pérdida de aire también ha sido experimentada en concretos de 5 ½ sacos de cemento (230 kg) y asentamiento (*revenimiento*) moderado.

### ¿CÓMO prevenir la pérdida de aire?

Mantenga el concreto deslizándose hacia abajo de la línea por su propio peso. Donde sea posible evite las secciones de pluma con descenso vertical o abrupto. Tenga cuidado con los asentamientos elevados, particularmente con mezclas de elevados contenidos de cemento y mezclas que contengan microsílíce (*humo de sílice*). El bombeo estable, moderadamente rápido puede ayudar en alguna medida a minimizar la pérdida de aire, pero no resolverá la mayoría de los problemas.

- Pruebe a insertar cuatro codos de 90 grados justamente antes de la manguera de goma. (*No haga* esto a menos que las abrazaderas de la tubería estén diseñadas para cumplir todos los requisitos de seguridad). Esto ayuda, pero no será una solución perfecta.
- Utilice una tapa deslizante o desfogue al final de la manguera de goma para restringir la descarga y provocar

una mayor presión.

- c) Hacer una curvatura de 6 pies (1,8m) de diámetro con la manguera de goma y con una sección extra de la misma se reporta como mejor solución que a) y b).
- d) Coloque 10 ó 20 pies de manguera horizontalmente en el vaciado (*colado*) de losas. Esto no funciona en columnas o muros y requiere trabajo extra para manipular la manguera.
- e) Reduzca el tamaño de la manguera flexible de 5 a 4 pulgadas (125 mm a 100 mm). Una tubería de transición puede ser necesaria para evitar taponamientos o bloqueos.

## PRECAUCIONES

- a) Antes del vaciado, planifique ubicaciones alternativas del equipo de bombeo y decida que es lo que se hará si se produce pérdida del aire. Esté preparado para ensayar el contenido de aire frecuentemente.
- b) Muestrear al final de la línea de bombeo puede ser muy difícil. Utilice equipamiento con protección apropiada del personal. Nunca realice el muestreo inicial del concreto inicial a lo largo de la línea de bombeo.
- c) Muestree la primera carga de un trabajo después de haber



bombeado 3 ó 4 yardas cúbicas (2 a 3 m<sup>3</sup>). Acomódelo al asentamiento permisible máximo. Coloque el equipo de bombeo cerca del sitio para tener la tubería con la longitud máxima de descenso vertical y deje caer una muestra en una carretilla. Si se pierde aire hay que tomar precauciones y muestrear en el lugar de vaciado o colocación.

- d) Si se produce pérdida de aire, no trate de solucionar el problema incrementando el contenido de aire entregado a la bomba fuera del límite especificado máximo. En este caso se correrá el peligro de colocar un concreto en la estructura con alto contenido de aire y con baja resistencia y esto ocurrirá seguramente si se reducen los ángulos de la pluma o se bombea un concreto de un asentamiento algo más bajo.

## Referencias

1. Gaynor, R.D. "Summer Problem Solving", Concrete Products, June 1991. P.11
2. Gaynor R.D. "Current Research at NRMCA" *Concrete Products*, April, 1992, pp 6-7
3. Hoppe, Julian J. "Air Loss in Free-Falling Concrete". *Queries on Concrete, Concrete International*, June 1992, p.79
4. Gorsha, Russel P., "Air Loss in Free Falling Concrete", *Queries on Concrete, Concrete International*, August 1992, p 71
5. "Effects of Pumping Air Entrained Concrete", Washington Aggregates and Concrete Association, March 20, 1991, 12 pp.
6. Dyer, R.M., "An Investigation of Concrete Pumping Pressure and the Effects on the Air Void System of Concrete", Master's Thesis, Department of Civil Engineering, University of Washington, Seattle, Washington, 1991.
7. Personal correspondence with authors and photographs, July 13, 1992 (copies available on request).
8. Yingling, James; G.M. Mullings; and R.D. Gaynor, "Loss of Air Content in Pumped Concrete", *Concrete International*,

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 22 - Grouts (Lechadas de Relleno)

### ¿QUÉ es el grout?

El ACI<sup>1</sup> define el grout (*lechada de relleno*), como una “mezcla de material cementicio (*cementante*) y agua, con o sin agregados, dosificada para obtener una consistencia que permita su colocación sin que se produzca la segregación de los constituyentes”.

Los términos “*grout*” y “*mortero*” son utilizados indistintamente de forma frecuente pero tienen diferencias bien claras. El *grout* no necesita tener agregados, mientras que el *mortero* contiene agregado fino. El grout se suministra con una consistencia que permite su colocación, mientras que el mortero no. El grout se utiliza para rellenar espacios vacíos, mientras que el mortero se utiliza para generar adherencia entre elementos, como en el caso de la construcción de albañilería (*mampostería*). El grout se identifica frecuentemente por sus aplicaciones. Algunos ejemplos son: Grout adherente para los cables de pretensado, grout para el barrenado de los pilotes excavados fundidos en sitio, grout de mampostería y grout para prefabricados. El material de baja resistencia controlada (*relleno fluido*) es un tipo de grout.

### ¿POR QUÉ se emplea el grout?

El grout se utiliza para llenar espacios o cavidades y garantiza la continuidad entre los elementos de la edificación. En algunas aplicaciones, el grout actúa con capacidad estructural. En proyectos donde se requieran pequeñas cantidades de grout, estas son dosificadas y mezcladas en el lugar. Generalmente cuando se necesitan grandes cantidades de este producto se solicita la asesoría del proveedor de concreto premezclado.

### ¿CÓMO se especifica el grout?

La Norma ASTM C476 para los grouts de mampostería, establece las dosificaciones por volumen lo cual resulta conveniente para pequeñas cantidades de grout mezcladas en la obra. Estos grout tienen un alto contenido de cemento y tienden a producir resistencias mucho más altas<sup>4</sup> que las especificadas en el ACI 530<sup>5</sup> o los Códigos que se utilizan como patrón.



Cono de Fluidez (*Flujo*)



Mesa de Fluidez (*Flujo*)

Cuando el grout se le solicita a un productor de concreto premezclado, las especificaciones deberán estar basadas en la resistencia a compresión y la consistencia. La conversión de la dosificación por volumen en dosificación por peso para cada yarda o metro cúbico está sujeta a errores y puede conducir a controversias en el trabajo.

Las especificaciones deben incluir la adición de cualquier aditivo que sea requerido para el grout. Las condiciones de entrega, tales como la temperatura, los límites de tiempo y la regulación sobre la adición de agua en el lugar, deben ser especificados. La frecuencia de ensayos y los métodos de aceptación también deben estar detallados en las especificaciones.

### ¿CÓMO se ensaya el grout?

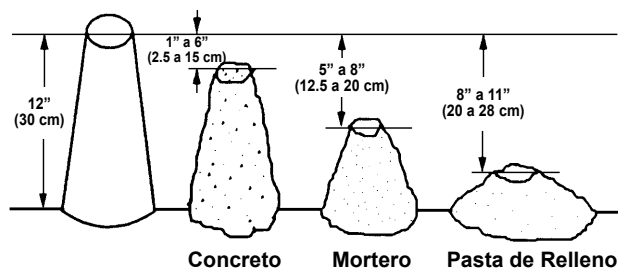
La consistencia de los grouts afecta su resistencia y otras propiedades. Es en extremo importante que la consistencia del grout permita el completo llenado de los espacios vacíos sin segregación de sus ingredientes.

La consistencia del grout de mampostería puede ser medida con un cono de asentamiento (ASTM C 143), y se sugieren los asentamientos de 8 a 11 pulgadas (20 a 28 cm). Esto es particularmente aplicable para grouts que contienen agregado grueso de ½ pulgada (12,5 mm), o más pequeños.

Para los grouts sin agregados, o sólo con agregado fino que pasa por el tamiz No. 8, la consistencia se determina mejor con un cono de fluidez (ASTM C 939). Para valores de fluidez que excedan los 35 segundos, utilice la mesa de fluidez según la ASTM C 109, modificada de manera que emplee 5 caídas en 3 segundos.

El grout de mampostería (*relleno de bloques*) para los ensayos de resistencia de los especímenes, debe ser vaciado en moldes formados por unidades de albañilería que tengan las mismas características de absorción y contenido de humedad que las unidades empleadas en la construcción de la obra (ASTM C 1019). Nunca utilice moldes cúbicos o cilíndricos no absorbentes para este propósito.

La resistencia de otros tipos de grout se determina utilizando cubos de 2 pulgadas de lado (5cm), según la ASTM C 942. El Método C 942 es el indicado para la preparación en el campo, distingue la consistencia fluida y además proporciona un medio para determinar la resistencia a compresión de pastas de relleno que contienen agentes expansivos o grouts no fluidificados. Esto es extremadamente importante partiendo de que los grouts “expansivos” pueden perder sustancialmente resistencia a compresión si los cubos no están confinados. Sin embargo los especímenes cilíndricos de 6 x 12 in (150 x 300 mm) ó 4 x 8 in (100 x 200 mm), pueden dar resultados más confiables para grouts que contienen agregado grueso.



**Comparación de Asentamientos Típicos**

Los grouts de aplicaciones especiales frecuentemente requieren modificación de los procedimientos de ensayo normalizados. Todas estas modificaciones deben ser indicadas en las especificaciones y discutidas antes de comenzar el trabajo.

### Referencias

1. “Cement and Concrete Terminology”, ACI Committee 116R. *ACI Manual of Concrete Practice*, Part 1.
2. Cementitious Grouts and Grouting, S.H. Kosmatka, Portland Cement Association, 1990.
3. ASTM C 476, “Standard Specification for Grout for Masonry” *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.05.
4. Hedstrom, E. G., and Hogan, M.B., “The Properties of Masonry Grout in Concrete Masonry”, *Masonry: Components to Assemblages*, ASTM STP 1063, ed. John H. Matthys, 1990, pp. 47-62
5. “Building Code Requirements for Masonry Structures (ACI 530-88/ASCE 5-88) and Specifications for Masonry Structures (ACI 530.1-88/ASCE 6-88)”, *ACI-ASCE standards*, American Concrete Institute/American Society of Civil Engineers, 1988.
6. ASTM C 143 “Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete”, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04-02.
7. ASTM C 939 “Test Method for Flow of Grout for Preplaced Aggregate Concrete (Flow Cone Method)” *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02
8. ASTM C 1019, “Standard Method of Sampling and Testing Grout”, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.05
9. ASTM C 942, “Standard Test Method for Compressive Strengths of Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory”, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02
10. ASTM C 109, “Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars”, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.01.

# El <sup>Hormigón</sup> Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 23 - Decoloración

### ¿QUÉ es la decoloración?

La decoloración es la falta de uniformidad en el color o en el matiz de la superficie de un solo vaciado (*colado*) de concreto (*hormigón*). Esta puede tomar la forma de manchas oscuras o de decoloración extendida sobre la superficie ya terminada, cambios fuertes de color en grandes áreas provocados por un cambio en la mezcla de concreto, o parches claros de decoloración provocados por eflorescencias. En este contexto, no se incluyen las manchas provocadas por derrames de materiales extraños sobre la superficie del concreto<sup>6</sup>.

### ¿POR QUÉ ocurre la decoloración?

La decoloración se debe a cambios en las fuentes de cemento o en el agregado fino, que pueden ocurrir en bachadas subsecuentes dentro de un proceso de vaciado, pero generalmente esto es extraño e insignificante. El cemento que se ha hidratado en gran medida, normalmente será de color más claro. El uso no adecuado de aditivos, el tiempo insuficiente de mezclado y el desarrollo de las operaciones de acabado en un momento no recomendado, pueden provocar este efecto. Un tono amarillento a verdoso puede aparecer en el concreto que contenga escoria granulada como adición, aunque desaparecerá con el tiempo y mantendrá generalmente un color más claro. La decoloración del concreto vaciado en encofrados o en losas sobre el suelo es usualmente el resultado de un cambio ya sea de la composición del concreto o de la práctica constructiva. En la mayoría de los estudios, ningún factor individual parece causar decoloración.

Los factores encontrados que influyen en la decoloración son: el empleo de cloruro de calcio, variación en el contenido de álcali del cemento, hidratación demorada de la pasta de cemento, aditivos, superficies demasiado afinadas, curado inadecuado, prácticas de construcción y de acabado que provocan variación de la relación agua/cemento y cambios en la mezcla de concreto<sup>(1, 2, 3, 7)</sup>.



### ¿CÓMO prevenir la decoloración?

1. Minimizando o eliminando la utilización de cementos con elevado contenido de álcalis.
2. El cloruro de calcio en el concreto es la causa primaria de decoloración del concreto. Las oportunidades para la decoloración son mucho menores si no se utiliza cloruro de calcio o aditivos químicos que llevan cloruros.
3. El tipo, clase y condición de encofrado puede influir en el color de la superficie. Los encofrados con diferentes tasas de absorción causarán superficies con diferentes tonos de color. Un cambio en el tipo o marca de un agente desencofrante puede también cambiar el color del concreto.
4. Elimine un afinado demasiado fuerte del concreto con llana metálica. La consecuencia más común es que fragmentos de metal de la llana quedan embebidos en la superficie del concreto. También el concreto que ha tenido un acabado en exceso puede tener decoloración oscura como resultado de la densificación de la superficie, que reduce la relación agua/cemento. El resultado de una baja relación agua/cemento afecta la

hidratación de los ferritos del cemento que contribuyen al color más oscuro. Las superficies del concreto que tienen acabado muy temprano incrementan la relación agua/cemento en la superficie y aclaran el color.

5. El concreto que no está adecuadamente o uniformemente curado puede desarrollar decoloración. El curado desigual afectará el grado de hidratación del cemento. El curado con polietileno puede también causar decoloración. Cuando la lámina plástica está en contacto directo con el concreto, provocará vetas. La utilización e incluso la aplicación de un atomizador de calidad o de un compuesto de curado puede ser la mejor alternativa.
6. La decoloración de una losa puede ser minimizada o prevenida humedeciendo las sub-bases absorbentes, siguiendo procedimientos de curado apropiados y garantizando una adecuada protección del concreto del secado por el viento y el sol.

## ¿CÓMO remover la decoloración?

Han resultado exitosos ciertos tratamientos en la remoción o disminución de la decoloración superficial del concreto terminado. La decoloración causada por aditivos de cloruro de calcio y algunos métodos de acabado y curado puede ser reducida mediante el lavado repetido con agua caliente y cepillo. La losa debe ser cepillada y enjuagada alternativamente y entonces secada durante la noche hasta que desaparezca la decoloración.

Si la decoloración persiste, puede ser tratada con una solución diluida (con concentración del 1%) de ácido hidroclórico (muriático) o una solución diluida (con concentración del 3%) de ácidos más suaves como el ácido acético o ácido fosfórico. Antes de utilizar ácidos, humedezca la superficie para prevenir la penetración de los mismos en el concreto y enjuague con agua limpia a los 15 minutos de la aplicación.

El empleo de una solución acuosa de un 20 a un 30% de citrato de amonio (238 gramos en 1 litro de agua) ha resultado ser tratamiento muy efectivo según la Portland Cement Association (PCA) para casos más severos de decoloración<sup>(4,5,6)</sup>. Aplique la solución a la superficie seca por 15 minutos. Un gel blanquecino que se forma debe ser diluido con agua y cepillado. A continuación el gel debe

ser completamente lavado con agua. Se puede requerir más de una aplicación de este tratamiento.

Algunos tipos de decoloración, como las debidas a un fuerte alisado, pueden no responder a ningún tratamiento. Puede ser necesario pintar o utilizar otro tipo de recubrimiento para eliminar la decoloración. Algunos tipos de decoloración pueden, sin embargo desvanecerse con el uso y la edad.

## PRECAUCIONES

Los métodos químicos para remover la decoloración pueden alterar significativamente el color de las superficies de concreto. El uso inapropiado de sustancias químicas para remover la decoloración puede agravar la situación. Se recomienda un tratamiento de ensayo previo en una área que no se note. Los ácidos deben ser cuidadosamente enjuagados de la superficie de concreto.

## CUIDADOS

El usuario de sustancias químicas debe dirigirse a la hoja de datos de seguridad del material o a las guías del fabricante para tener cuidado con la toxicidad, inflamabilidad y los peligros a la salud asociados con el empleo de estos materiales. Se recomiendan los procedimientos de seguridad apropiados tales como el uso de guantes, gafas, caretas y ropa impermeable.

## Referencias

1. "Surfaces Discoloration of Flatwork," Greening, N. R. and Landgren, R., *Portland Cement Association Research Department Bulletin RX 203*, 1966.
2. "Discoloration of Concrete, Causes and Remedies," Kosmatka, S. H., *Concrete Products*, April 1987.
3. "Discoloration of Concrete Flatwork," Neal, R. E., Lehigh Portland Cement Company, 1977.
4. "Removing Stains and Cleaning Concrete Surfaces," PCA, 1988.
5. "Discoloration: Myths, Causes and Cures," Rech, D. P., Owl Rock Products, 1989.
6. "Removing Stains from Mortar and Concrete," *Corps of Engineers Miscellaneous Paper C-6808*.
7. "Discolored Concrete Surfaces," Goeb, Eugene O., *Concrete Products*, Vol. 96, No. 2, February, 1993.



# El Concreto en la Práctica

Hormigón

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 24 - Fibras sintéticas para el concreto

### ¿QUÉ son las fibras sintéticas?

Las fibras sintéticas que son específicamente diseñadas para el concreto (*hormigón*) se fabrican a partir de materiales sintéticos que pueden resistir el medio alcalino del concreto a largo plazo. Las fibras sintéticas son añadidas al concreto antes o durante la operación de mezclado. El uso de las fibras sintéticas en proporciones típicas no requiere de ningún cambio en el diseño de la mezcla.

### ¿POR QUÉ utilizar las fibras sintéticas?

Las fibras sintéticas benefician al concreto tanto en estado plástico como endurecido. Algunos de los beneficios incluyen:

- Reducción de la fisuración por asentamiento (*reventamiento*)
- Reducción de la fisuración por contracción plástica
- Disminución de la permeabilidad
- Incremento en la resistencia a la abrasión y al impacto
- Aporte en la resistencia a la fractura

Algunas fibras sintéticas pueden ser utilizadas como refuerzo secundario. (*Se requiere documentación adicional acerca del comportamiento del concreto endurecido*).

### ¿CÓMO trabajan las fibras sintéticas en el concreto a edad temprana?

Los cambios de volumen del concreto a edad temprana causan la formación de planos de debilitamiento y fisuras debido a las tensiones existentes que exceden a la resistencia del concreto en un momento específico. El crecimiento de estas fisuras por contracción se previene mediante el bloqueo mecánico de las fibras sintéticas. El sistema de soporte interno de las fibras sintéticas impide la formación de grietas por asentamiento plástico.

La distribución uniforme de las fibras a través del concreto contribuye a la no formación de grandes capilares causados por el movimiento del agua de exudación (*sangrado*) hacia

la superficie. Las fibras sintéticas reducen la permeabilidad mediante la combinación de la reducción de fisuras plásticas y la disminución de la capilaridad por la exudación.

### ¿CÓMO trabajan las fibras sintéticas en el concreto endurecido?

El beneficio del uso de fibras sintéticas en el concreto a edad temprana, continúa con el concreto endurecido. Los atributos del concreto endurecido aportados por las fibras sintéticas son una reducción de la permeabilidad y una mayor resistencia a la fractura, la abrasión y las fuerzas de impacto.

La capacidad para resistir las fuerzas que ocasionan fragmentación o rotura del concreto se mejora notablemente mediante el uso de fibras sintéticas. Cuando el concreto sin fibras es sometido a la compresión, se fracturará y fallará con la aparición de la primer grieta. Las fibras sintéticas fabricadas específicamente para el concreto impiden el efecto ocasionado por las fuerzas de rotura, manteniendo fuertemente unido el concreto.

Debido a que la cantidad de agua de exudación varía menos cuando se usan fibras sintéticas, la relación agua/cemento en la superficie es más constante y, por lo tanto, se obtiene una mayor resistencia a la abrasión. A esta mejoría contribuye igualmente el hecho de que las fibras sintéticas soportan el asentamiento interno, lo que contribuye a mantener uniforme la exudación (*sangrado*).

Las fibras sintéticas reducen la fisuración plástica del concreto. Esto mejora su resistencia al impacto. El módulo de elasticidad relativamente bajo de las fibras sintéticas aporta la capacidad de absorción de choques o impactos.

Las fibras sintéticas ayudan al concreto a desarrollar su integridad óptima a largo plazo mediante la reducción tanto del asentamiento plástico como de la formación de fisuras por contracción, disminuyen la permeabilidad e incrementan la resistencia a la abrasión, la rotura y las fuerzas de impacto. Las fibras sintéticas son compatibles con todos los aditivos, los vapores de sílice y la química de los cementos.

## O se utilizan las fibras sintéticas como refuerzo secundario?

Las fibras sintéticas que cumplen cierto criterio con respecto al concreto endurecido pueden ser empleadas como refuerzo no estructural por temperatura o refuerzo secundario. Estas fibras deben tener documentación que confirmen su capacidad de mantener unido el concreto después de la fisuración.

La distribución uniforme de las fibras sintéticas a través de todo el concreto asegura la colocación crítica del refuerzo secundario.

## Referencias

1. ASTM C 1116 Standard Specification Fiber Reinforced Concrete and Shotcrete.
2. ASTM C 1018 Standard Test Method for Flexural Toughness and First-Crack Strength of Fiber Reinforced Concrete (Using Beam with Third-Point Loading).
3. ASTM C 78 Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading).
4. Non-structural Cracks in Concrete, Concrete Society Technical Report No. 22.
5. ICBO Evaluation Service, Inc., Acceptance Criteria for Concrete with Synthetic Fibers, January 1993.

## GUÍAS DE APLICACIÓN

### Utilice las fibras sintéticas para:

- La reducción de la fisuración del concreto provocada por la contracción plástica
- Un sistema alternativo de refuerzo no estructural, secundario y/o por temperatura
- Una mayor resistencia del concreto al impacto, a la abrasión y a la rotura
- Soporte interno y cohesividad; concreto vaciado en inclinaciones abruptas, concreto lanzado, y en formaletas (*cimbras*) deslizantes
- La reducción del agrietamiento del concreto como resultado del asentamiento plástico
- Ayudar a disminuir la permeabilidad del concreto
- Vaciados donde se requieran materiales no metálicos
- Áreas que requieran materiales a prueba de álcalis así como resistentes a sustancias químicas

### No utilice las fibras sintéticas para:

- El control de la fisuración como resultado de fuerzas externas
- Desarrollo de más altas resistencias estructurales
- Reemplazo de cualquier refuerzo estructural de acero o resistente a momentos
- Disminución del espesor de las losas sobre el suelo
- La eliminación o reducción de alabeos (*pandeos*) y/o torsiones
- Modificación de las recomendaciones para el control de juntas de ACI o PCA
- Justificar la reducción del tamaño de las columnas de soporte
- La disminución del espesor de secciones de capas superiores (*recubrimientos*) adheridas o no adheridas



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# Hormigon El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 25 - Corrosión del acero en el concreto



### ¿POR QUÉ se corroe el acero en el concreto?

El acero en el concreto se encuentra usualmente en condición pasiva, no corroído. Sin embargo, el concreto reforzado con acero es frecuentemente utilizado en ambientes severos donde está presente el agua de mar o las sales de deshielo. Cuando los cloruros se mueven dentro del concreto, provocan la ruptura de la capa pasiva de protección del acero, causando que éste se oxide y se delamine.

La carbonatación del concreto es otra causa de la corrosión del acero. Cuando el concreto se carbonata hasta el nivel de la barra de acero, el ambiente normalmente alcalino que protege el acero de la corrosión, es reemplazado por un ambiente más neutral. Bajo estas condiciones el acero no permanece pasivo y comienza una corrosión rápida. El ritmo de corrosión debido al recubrimiento de concreto carbonatado es más lento que la corrosión inducida por cloruros.

Ocasionalmente, la falta de oxígeno que rodea la barra de acero causará que el metal se disuelva, conduciendo a un líquido de pH bajo.

### ¿QUÉ es la corrosión del acero?

La terminología de la ASTM (G15) define la corrosión como “la reacción química o electroquímica entre un material, usualmente un metal y su medio ambiente, que produce un deterioro del material y de sus propiedades”. Para el acero embebido en el concreto (*hormigón*), la corrosión da como resultado la formación de óxido que tiene 2 a 4 veces el volumen del acero original y la pérdida de sus óptimas propiedades mecánicas. La corrosión produce además descascaramiento y vacíos en la superficie del acero de refuerzo, reduciendo la capacidad resistente como resultado de la reducción de la sección transversal.

### ¿POR QUÉ la corrosión del acero es una preocupación?

El concreto reforzado utiliza acero para aportarle las propiedades de resistencia a la tracción que son necesarias en el concreto estructural. Esto evita la falla de las estructuras de concreto que están sujetas a esfuerzos de tensión y flexión debido al tráfico, los vientos, las cargas muertas y los ciclos térmicos. Sin embargo, cuando el refuerzo se corroe, la formación de óxido conduce a la pérdida de adherencia entre el acero y el concreto y la subsecuente delaminación y exfoliación. Si esto se ha dejado sin revisar, la integridad de la estructura puede verse afectada. La reducción del área de sección transversal del acero reduce su capacidad resistente. Esto es especialmente dañino en el desempeño de los cables de alto límite elástico en el concreto pretensado.

### ¿CÓMO prevenir la corrosión?

#### Control de Calidad - Prácticas del Concreto

La primera defensa contra la corrosión del acero en el concreto es la calidad del concreto y un recubrimiento suficiente alrededor de las barras de refuerzo. El concreto de calidad tiene una relación agua/material cementante (A/C) que es lo suficientemente baja para disminuir la penetración de las sales de cloruro y el desarrollo de la carbonatación. La relación A/C debe ser menor de 0.5 para reducir el ritmo de carbonatación y menor de 0.4 para minimizar la penetración de los cloruros. Los concretos con bajas relaciones A/C pueden ser producidos mediante:

1. El incremento del contenido de cemento
2. La reducción del contenido de agua utilizando aditivos reductores de agua y superplastificantes, o
3. El uso de mayores cantidades de cenizas volantes, escorias u otros materiales cementantes.

Adicionalmente deberá limitarse el empleo de ingredientes del concreto que contengan cloruros. El Código de la Edificación ACI 318 establece límites sobre el contenido máximo de cloruros solubles en la mezcla de concreto.

Otro ingrediente para la buena calidad del concreto es el aire incorporado. Es necesario proteger al concreto de los daños por ciclos de hielo y deshielo. El aire incorporado reduce también la exudación (*sangrado*) y el incremento de la permeabilidad debido a los canales del agua de exudación. El descascamiento de la superficie del concreto puede acelerar los daños por corrosión de las barras de refuerzo embebidas. Una planificación apropiada de las operaciones de acabado es necesaria para asegurar que el concreto no se descascare, o se fisure excesivamente.

Una correcta cantidad de acero ayudará a mantener una fisuración escasa. El manual de ACI 224 ayuda al ingeniero diseñador a minimizar la formación de grietas que podrían ser dañinas para el acero embebido. En general, el ancho máximo de fisura permisible es de 0.2 mm en un ambiente con sales de deshielo y de 0.15 mm en un ambiente marino.

Un adecuado recubrimiento del acero de refuerzo es también un factor importante. La penetración de cloruros y la carbonatación ocurrirán, inclusive, en la superficie exterior de los concretos de baja permeabilidad. Si se incrementa el recubrimiento se demorará el comienzo de la corrosión. Por ejemplo, el tiempo necesario para que los iones cloruro alcancen una barra de acero a 5 cm (2 pulgadas) de la superficie es 4 veces el tiempo necesario para un recubrimiento de 2.54 cm. (1 pulgada). El manual ACI 318 recomienda un mínimo de 1 ½ pulgadas (aprox. 4 cm) de recubrimiento para la mayoría de las estructuras y lo incrementa a 2 pulgadas (aprox. 5 cm) de recubrimiento para la protección contra las sales de deshielo. El manual ACI 357 recomienda 2½ pulgadas (aprox. 6 cm) de recubrimiento mínimo en ambientes marinos. Si se utilizan agregados más grandes, se requiere un mayor recubrimiento. Para agregados mayores de ¾" (20 mm), una regla sencilla es añadirle al tamaño máximo nominal del agregado, la magnitud de ¾" adicionales de recubrimiento para la exposición a sales de deshielo, o de 1¾" (45 mm) de recubrimiento para la exposición a ambiente marino. Por ejemplo un concreto con tamaño de agregado de 1" en exposición marina deberá tener un recubrimiento mínimo de 2¾".

El concreto debe estar adecuadamente compactado y curado. Se necesita un curado húmedo mínimo de 7 días a 21°C para el concreto con relación A/C de 0.4, mientras que serían necesarios 6 meses para uno de relación A/C de 0.6 para obtener un desempeño equivalente. Numerosos estudios muestran que la porosidad del concreto se reduce significativamente con el incremento del tiempo de curado y por ende se mejora la resistencia a la corrosión.

## Concretos modificados y sistemas de protección contra la corrosión

Se puede lograr una mayor resistencia a la corrosión mediante la utilización de aditivos para el concreto. La microsilice (*humo de sílice*), las cenizas volantes y las escorias de alto horno, reducen la permeabilidad del concreto a la penetración de los iones cloruro. Los inhibidores de la corrosión, tales como el nitrato de calcio, actúan para prevenir la corrosión en presencia de los iones cloruro. En todos los casos estos se añaden a un concreto de calidad con relación A/C menor o igual a 0.45.

Los repelentes al agua (*hidrófugos*) pueden reducir el ingreso de humedad y de cloruros en una cantidad notable. Sin embargo el manual ACI 222 indica que no son efectivos para lograr una protección a largo plazo. Partiendo de que un concreto de buena calidad ya posee una baja permeabilidad, los beneficios adicionales de los repelentes de agua no son tan significativos.

Otras técnicas de protección incluyen las membranas protectoras, la protección catódica, las barras de refuerzo recubiertas con resinas epóxicas y los selladores para concreto (si son reaplicados cada 4 ó 5 años).

---

### Referencias

1. "Building Code Requirements for Reinforced Concrete". ACI 318, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mi.
  2. "Corrosion of Metals in Concrete", American Concrete Institute. Farmington Hills, MI.
  3. "Control of Cracking in Concrete Structures", ACI 224R. American Concrete Institute. Farmington Hills, MI.
  4. "Design and Construction of Fixed Offshore Concrete Structures", ACI 375 R, American Concrete Institute. Farmington Hills, MI.
  5. Perenchio. W.F., "Corrosion of Reinforced Steel", ASTM STP 169C, 1994, pp. 164-172
  6. Whiting D., ed, Paul Klieger *Symposium on Performance of Concrete*, ACI SP-122, 1990, 499 p
  7. Berke, N.S., "Corrosion Inhibitors in Concrete", *Concrete International*. Vol. 13, No. 7, 1991, pp. 24-27
  8. Berke, N.S., Pfeifer D.W., and Weil T.G., "Protection Against Chloride Induced Corrosion" *Concrete International*, Vol. 10, No. 12, 1988, pp. 44-55
- 

### Cómo limitar la corrosión

1. Utilice un concreto de buena calidad con aire incorporado y con relación A/C de 0.4 o menor
2. Utilice un recubrimiento mínimo de hormigón de 4 cm y como mínimo 2 cm mayor que el tamaño máximo nominal del agregado grueso.
3. Incremente el recubrimiento mínimo a 2" (5 cm) para la exposición a sales de deshielo y a 2 ½" para la exposición en ambiente marino
4. Asegúrese que el concreto es curado adecuadamente
5. Utilice cenizas volantes, escorias de altos hornos o microsilice y/o un inhibidor de corrosión probado.



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# Hormigon El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 26 - Adición de agua en la obra

### ¿QUÉ es la adición de agua en la obra?

La adición de agua en la obra es la que se le hace al concreto (*hormigón*) premezclado en el camión mezclador después que éste arriba al lugar de vaciado del concreto. Tal reemplado o ajuste de mezcla del concreto puede ser efectuado con una porción del agua de mezclado de diseño que es retenida durante el mezclado inicial, o con agua adicional al diseño de la mezcla, a solicitud del comprador.

### ¿POR QUÉ se añade agua en el lugar?

Cuando el concreto llega a la obra con un asentamiento que está por debajo del permitido por el diseño o por especificación y/o esta consistencia es tal que afecta de forma adversa la colocación del concreto, se le debe añadir agua al concreto para aportarle un asentamiento (*revenimiento*) hasta un nivel aceptable o especificado. Esto puede hacerse cuando el concreto llega al lugar de trabajo siempre y cuando no se exceda el asentamiento especificado y/o la relación agua/cemento. Esta adición de agua está de acuerdo con la ASTM C 94, “Especificación normativa para el Concreto Premezclado”.

El proveedor de concreto premezclado diseña la mezcla de concreto de acuerdo con las normas industriales para garantizar el desempeño deseado. La adición de agua adicional diseño de la mezcla afectará las propiedades del concreto, como es la reducción de la resistencia (Figura 1) y el incremento de su vulnerabilidad a grietas.

Si el comprador solicita agua adicional al diseño original de la mezcla, él mismo asume la responsabilidad por la calidad resultante del concreto. La alternativa de utilizar un aditivo reductor de agua o un superplastificante para incrementar el asentamiento del concreto debería ser considerado. Siempre que se evite la segregación, el incremento del asentamiento del concreto con el empleo de aditivos usualmente no alterará de forma significativa sus propiedades.

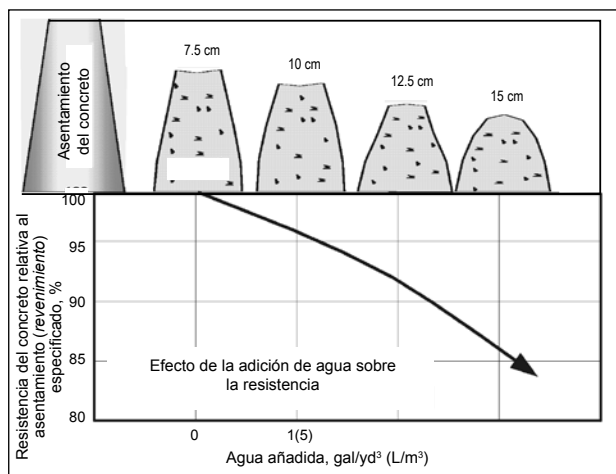


Figura 1. Ejemplo del efecto de la adición de agua sobre el asentamiento y la resistencia del concreto.

### ¿CÓMO añadir agua en la obra?

- El asentamiento máximo permisible del concreto debe ser especificado o determinado a partir del asentamiento nominal especificado más las tolerancias.
- Antes de descargar el concreto en la obra, debe ser estimado o determinado el asentamiento real de la mezcla. Si se mide el asentamiento, debe hacerse sobre una muestra proveniente del primer cuarto de yarda cúbica (0.2 m<sup>3</sup>) del concreto descargado y el resultado se utilizará como un indicador de la consistencia y no como un ensayo de aceptación. Los ensayos para la aceptación del concreto deben hacerse de acuerdo con la ASTM C 172.
- En el lugar de trabajo, se deberá añadir agua a la mezcla (*bachada*) entera, de manera que el volumen de concreto a ser reemplado es conocido. Un principio para tener en cuenta, que trabaja razonablemente bien es: 1 galón, o aproximadamente 8.5 libras de agua por yarda cúbica para un incremento de 1 pulgada en el asentamiento (5 litros, o 5 kg de agua por metro cúbico para 25 mm de incremento en el asentamiento).

- d) Toda el agua añadida al concreto en el lugar de la obra debe ser medida y anotada.
- e) La ASTM C 94 requiere de 30 revoluciones o giros adicionales de la olla (*tolva*) a velocidad de mezclado después de la adición de agua. De hecho, 10 revoluciones serán suficientes si el camión puede mezclar a 20 revoluciones por minuto (r.p.m.) o más.
- f) La cantidad de agua añadida deberá ser controlada de manera que el asentamiento y/o la relación agua/cemento máxima, que se indica en la especificación, no sea excedida. No se permite adición de agua alguna después que se haya descargado más de una pequeña porción del hormigón.
- g) Una vez que se haya obtenido el asentamiento o la relación agua/cemento deseada, no se permitirá ninguna adición posterior de agua.
- h) Antes del vaciado (*colado*) de concreto deberá efectuarse una reunión de trabajo, para establecer los procedimientos adecuados a seguir, determinar quien está autorizado a solicitar una adición de agua y para definir el método a utilizar para documentar el volumen de agua añadido en la obra .

---

## Referencias

1. ASTM C 94, Standard Specification for Ready Mixed Concrete. ASTM. West Conshohocken, PA.
  2. NRMCA Publication 186, “*Ready Mixed Concrete*” Richard D. Gaynor, Silver Spring, Maryland.
  3. NRMCA QC2 - Appendix on Agenda for a Pre-Placement Conference, Silver Spring, Maryland.
  4. NRMCA Publication 188, “*Truck Mixer Driver’s Manual*” Silver Spring, Maryland.
  5. “Adding Water to the Mix: It’s Not all Bad” Eugene O. Goeb, *Concrete Products*, January 1994.
  6. “Adjusting Slump in the Field” Bruce A. Suprenant, *Concrete Construction*, January 1994.
  7. “Effect of Prolonged Mixing on the Compressive Strength of Concrete with Fly Ash and/or Chemical Admixtures”, Dan ravina, submitted for publication, ACI Concrete International, 1995.
- 

### ASTM C 94 Adición de agua en la obra

1. Establecer el asentamiento máximo permisible y el contenido de agua permitido por la especificación del trabajo.
2. Estimar o determinar el asentamiento (*reventamiento*) del concreto a partir de la primera porción de concreto descargado del camión.
3. Añadir una cantidad de agua tal, que no se exceda el asentamiento o la relación agua/cemento máxima de acuerdo con la especificación.
4. Medir y anotar la cantidad de agua añadida. Una cantidad de agua en exceso de la permitida debe ser autorizada por un representante designado por el comprador.
5. Mezclar el hormigón durante 30 revoluciones de la olla (*tolva*) de la mezcladora a velocidad de mezclado.
6. No añadir agua si:
  - Se alcanza la relación agua/cemento máxima.
  - Si se obtiene el asentamiento máximo.
  - Si ha sido descargada de la mezcladora más de un cuarto de yarda cúbica (0.2 m<sup>3</sup>).



# Hormigon El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 27 - Vaciados (Colados) en clima frío

### ¿QUÉ se considera clima frío?

El clima frío se define como un período donde la temperatura promedio diaria baja de los 40° F (4° C) en más de 3 días sucesivos. Estas condiciones justifican la toma de precauciones especiales cuando se coloca, se da acabado, se cura y se protege el concreto contra los efectos del clima frío. Partiendo de que las condiciones pueden cambiar rápidamente en los meses invernales, las buenas prácticas del concreto y el planeamiento apropiado son aspectos críticos.

### ¿POR QUÉ hay que considerar el clima frío?

El vaciado (*colado*) exitoso en clima frío requiere el entendimiento de varios factores que afectan las propiedades del concreto.

En su estado plástico, el concreto se congelará si su temperatura cae por debajo de los 25°F (-4°C). Si el concreto en estado plástico se congela, su resistencia potencial puede ser reducida en más de un 50% y su durabilidad será afectada de forma adversa. El concreto estará protegido de la congelación cuando alcance una resistencia a compresión mínima de 500 libras por pulgada cuadrada (3.5 MPa), lo que tomará al menos dos días después del vaciado para la mayoría de concretos a 50°F (10°C).

Una baja temperatura del concreto tiene un efecto mayor en el ritmo de hidratación del cemento, lo que da como resultado un tiempo de fraguado y una tasa de ganancia de resistencia más lento. Una regla práctica es que una caída de la temperatura del concreto de 20°F (10°C) aproximadamente duplicará el tiempo de fraguado. Cuando se planifican las operaciones de construcción, como por ejemplo la remoción del encofrado, hay que tener en cuenta el ritmo más lento de fraguado y de ganancia de resistencia del concreto en clima frío.

El concreto en contacto con agua y expuesto a ciclos de congelación y deshielo, aunque sea sólo durante la construcción, debe contener aire incorporado. El concreto recién colocado está saturado de agua y deberá estar protegido de los ciclos de congelación y deshielo hasta que se alcance una resistencia a compresión mínima de 3500 libras por pulgada cuadrada (24.0 MPa).

La hidratación del cemento es una reacción química que genera calor. El concreto recién colocado debe ser adecuadamente aislado para que retenga su calor y consecuentemente mantenga una favorable temperatura de curado. Las diferencias grandes de temperatura entre la superficie y la masa interior del concreto deben ser evitadas pues se puede producir agrietamiento cuando esta diferencia excede los 35°F (20°C). El aislamiento o las medidas de protección deben ser gradualmente eliminadas para evitar un choque térmico.

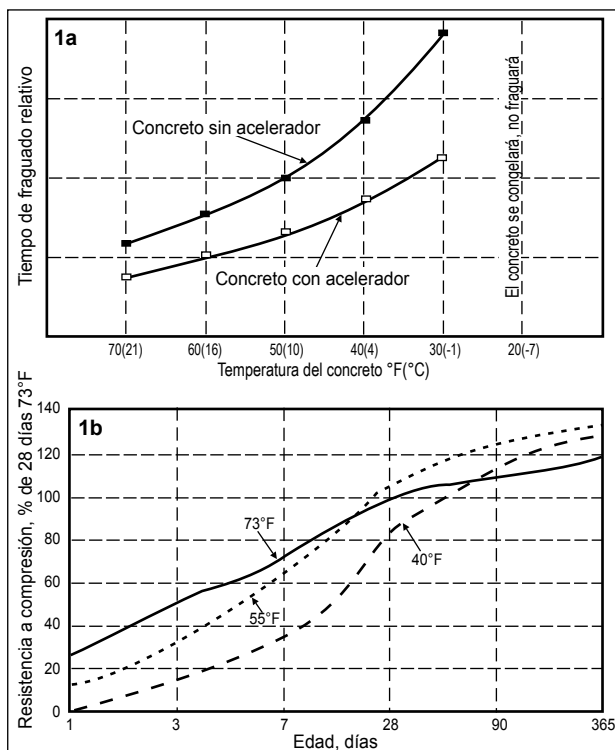


Figura 1. Efecto de la temperatura sobre el tiempo de fraguado (1a) y la resistencia (1b) del concreto

### ¿CÓMO colocar el concreto en clima frío?

Las temperaturas recomendadas en el momento del vaciado se muestran a continuación. El proveedor de concreto premezclado puede controlar la temperatura de la mezcla mediante calentamiento del agua y/o de los agregados y debe suministrar el concreto de acuerdo con las especificaciones de la norma ASTM C94.

Dimensiones de la sección, o dimensión mínima (mm)	Temperatura del Concreto para el vaciado
Menos de 12 (300)	55°F (13°C)
12 a 36 (300 – 900)	50°F (10°C)
36 a 72 (900 a 1800)	45°F (7°C)

La temperatura del concreto en clima frío no deberá exceder estos valores recomendados en más de 20° F(10°C). El hormigón a altas temperaturas requiere de más agua de mezclado, tiene un ritmo elevado de pérdida de asentamiento y es más

susceptible al agrietamiento. El vaciado del concreto en clima frío da la oportunidad para una mayor calidad, pues entre más fría la temperatura inicial del concreto dará como resultado una resistencia última más alta.

Un tiempo de fraguado y una ganancia de resistencia del concreto más lentos durante el clima frío, demora las operaciones de acabado y la extracción del encofrado (*cimbra*). Los aditivos químicos y otras modificaciones a la mezcla de concreto pueden acelerar el ritmo del fraguado y de ganancia de resistencia. Los aditivos químicos acelerantes, conformes a la ASTM C494-Tipo C (*acelerantes*) y E (*reductores de agua acelerantes*), son comúnmente utilizados en invierno. El cloruro de calcio es un aditivo acelerante común y efectivo, pero no puede excederse una dosis máxima del 2% en peso del cemento. Los acelerantes sin cloruro, no corrosivos pueden ser utilizados en concreto pretensado o cuando la corrosión del refuerzo de acero o de metal en contacto con el concreto es un problema. Los aditivos acelerantes no protegen al concreto de la congelación y su empleo no excluye los requerimientos para la temperatura del concreto y para un apropiado curado.

La aceleración del ritmo de fraguado y de ganancia de resistencia puede ser lograda también incrementando la cantidad de cemento portland o utilizando un cemento tipo III (*de alta resistencia inicial*). El porcentaje relativo de cenizas volantes o escorias molidas adicionadas al cemento puede ser reducido en clima frío, pero esto puede no ser posible si la mezcla ha sido específicamente diseñada para durabilidad. La decisión apropiada debe proporcionar una solución económicamente viable con el impacto mínimo sobre las propiedades últimas del concreto.

El concreto debe ser colocado con el asentamiento práctico más bajo posible, pues esto reduce la exudación y el tiempo de fraguado. Si se añaden 1 a 2 galones de agua por yarda cúbica (5 a 10 L/m<sup>3</sup>) se retrasará el tiempo de fraguado en 2 horas. Los tiempos de fraguado retardados prolongarán la duración de la exudación (*sangrado*). No se deben comenzar las operaciones de acabado mientras el concreto continúe la exudación, pues esto dará como resultado una superficie débil.

Deberán hacerse las preparaciones adecuadas antes del vaciado del concreto. La nieve, el hielo y la congelación deberán evitarse y la temperatura de las superficies y de los metales embebidos en contacto con el hormigón deberán estar por encima del punto de congelación. Esto pudiera requerir aislar o calentar las sub-bases y las superficies de contacto antes del vaciado.

Los materiales y equipos necesarios para proteger el concreto deben estar en el lugar (tanto durante como después la colocación) desde los primeros momentos de la congelación y para retener el calor generado por la hidratación del cemento. Son medidas comúnmente utilizadas tanto las lonas de aislamiento como la paja cubierta con láminas de plástico.

Pueden ser necesarios encofrados aislados y bien cerrados como protección adicional, en dependencia de las condiciones

ambientales. Las esquinas y los ejes son más susceptibles a la pérdida de calor y requieren de una atención especial. Los calentadores que emplean combustibles fósiles en locales cerrados, deberán ser ventilados por razones de seguridad y para evitar la carbonatación de las superficies de hormigón recientemente colocadas que causa la pulverización.

No se debe permitir que la superficie del concreto se seque mientras esté en estado plástico, pues esto causa fisuración por retracción plástica. Subsecuentemente, el concreto debe ser adecuadamente curado. El curado con agua no es recomendable cuando hay inminencia de temperaturas de congelación. Utilice compuestos curadores de membrana, papel impermeabilizante o láminas plásticas en los casos de losas de concreto.

Los Materiales de encofrado, (con excepción del caso de los metales) sirven para mantener y eventualmente distribuir el calor, lo que asegura, por esa razón una protección adecuada en caso de clima moderadamente frío. Con temperaturas extremadamente frías deben ser utilizadas mantas aislantes o encofrados (*cimbras*) aislantes térmicos, especialmente en el caso de secciones delgadas. Los encofrados no deben ser retirados entre los 1 y 7 días dependiendo las características del fraguado, las condiciones ambientales y la aplicación anticipada sobre la estructura de cargas. Se deberán utilizar probetas (cilindros de ensayo) curadas en el campo o métodos no destructivos para estimar la resistencia del concreto en el campo antes de desencofrar o aplicar cargas. Las probetas curadas en el campo no deben utilizarse para el aseguramiento de la calidad.

Deberá tenerse especial cuidado con la cilindros de concreto empleados para la aceptación o rechazo del del producto. Los cilindros deberán almacenarse en cajas aislantes, que pueden necesitar controles de la temperatura, para asegurar que son curadas entre los 60° y los 80°F (de 16° a 27°C) durante las primeras 24 a 48 horas. Deberá colocarse un termómetro de mínima/máxima en el cuarto de curado para mantener un control estadístico de la temperatura.

## Referencias

1. *Cold Weather Concreting*, ACI 306R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. *Design and Control of Concrete Mixtures*, Portland Cement Association, Skokie, IL.
3. *ASTM C94 Standard Specification for Ready Mixed Concrete*, ASTM, West Conshohocken, PA.
4. *ASTM C31 Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field*, ASTM, West Conshohocken, PA.
5. *Cold Weather Ready Mixed Concrete*, NRMCA Pub 130, NRMCA, Silver Spring, MD.
6. *Cold-Weather Finishing*, Concrete Construction, November 1993.

## Guía para el vaciado de concreto en clima frío

1. Utilice concreto con aire incorporado cuando se esperen exposiciones a la humedad y a los ciclos de hielo/deshielo.
2. Mantenga las superficies en contacto con el concreto, libres de hielo y nieve y a temperaturas por encima del punto de congelación antes del vaciado.
3. Coloque y mantenga el concreto a la temperatura recomendada.
4. Vierta el concreto al asentamiento práctico más bajo posible.
5. Proteja al concreto plástico de la congelación o del secado.
6. Proteja al concreto de ciclos de congelación y deshielo a edad temprana, hasta que haya alcanzado la resistencia adecuada.
7. Limite los cambios rápidos de temperatura cuando se retiren las medidas de protección.



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 28 - Humedad de la losa de concreto

### ¿CUÁL es el problema?

La humedad de la losa de concreto (*hormigón*) puede causar problemas con la adherencia de los materiales que recubren el piso, tales como losetas, láminas de piso, o alfombras y también pueden provocar fallas de adherencia o de falta de respiración de los recubrimientos de piso. Los adhesivos utilizados para la instalación de recubrimientos de piso son más sensibles al agua, debido a las restricciones actuales en el uso de productos que emiten compuestos orgánicos volátiles (VOX). Para garantía de sus productos, los fabricantes frecuentemente solicitan que la emisión de humedad del concreto endurecido sea inferior a algún valor límite antes de instalar los recubrimientos de piso o las láminas. Los esquemas de construcción rápida tipo fast-track pueden acentuar el problema cuando el material superficial de piso es instalado antes de que la losa de concreto se haya secado hasta un nivel aceptable.

### ¿CUÁLES son las fuentes de humedad de la losa de concreto?

La humedad en las losas de concreto sobre el suelo puede originarse por:

- El agua ascendente debido a la presión hidrostática cuando la losa sobre el suelo está por debajo del nivel freático estacional o permanente, o cuando la losa, particularmente el borde, está en contacto con suelo húmedo de fuentes tales como la lluvia, sistemas de irrigación, tuberías rotas, u otras fuentes recurrentes de procedencia humana. El ritmo de flujo de humedad a través de la losa dependerá de la presión hidrostática que la causa.
- El agua ascendente del fondo de la losa proveniente del nivel freático, por acción de la capilaridad. El grado de saturación de la base depende de la finura del suelo y de la profundidad del nivel freático. El agua capilar saturará la sub-base y se moverá a través de la losa de concreto. Los suelos de grano fino pueden succionar agua desde distancias considerables, mientras que la arena gruesa o las gravas no ayudan a este flujo.
- El vapor de agua desde el suelo húmedo, que puede difundirse a través del concreto y condensarse sobre la superficie de la losa cuando la sub-base tiene una concentración más alta de vapor que la superficie de la losa. Esto generalmente ocurre debido al gradiente de presión de vapor cuando el aire de la superficie del concreto es más frío y con humedad relativa más baja que el suelo húmedo debajo de la losa.
- La humedad residual en la losa debido al agua de mezclado original. En cualquier lugar puede transcurrir de 6 semanas a 1 año o más para que una losa de concreto se seque hasta un nivel aceptable por debajo de las condiciones normales, tal como se

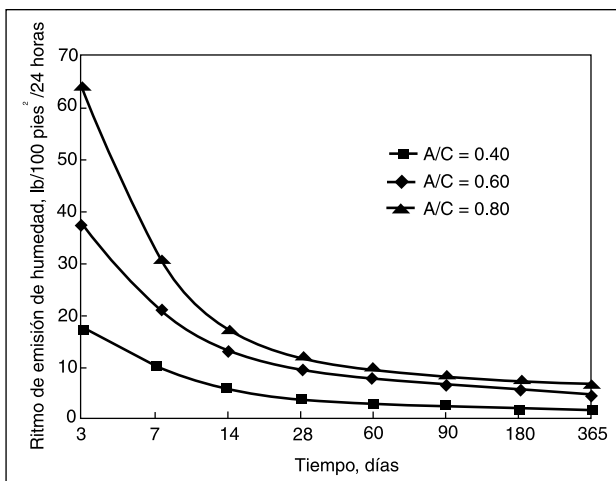


Figura 1. Tasas de secado de concretos (*hormigones*) sellados en el fondo (ref. 3)

ilustra en la Figura 1. Los factores que afectan la velocidad de secado incluyen el contenido de agua original del concreto y la humedad relativa y la temperatura del aire ambiental durante el período de secado. Esta es la única fuente de humedad en losas aéreas (*elevadas*).

### ¿CÓMO evitar los problemas?

Se pueden evitar los problemas asociados con un alto contenido de humedad en el concreto mediante lo siguiente:

- Proteger contra el ingreso de agua bajo presión hidrostática asegurando el drenaje apropiado que se aleje de la losa como parte del diseño
- Utilizar de 6 a 8 pulgadas (150 a 200 mm) de capa de agregado grueso como bloqueo capilar en lugares que tengan sub-bases de suelos de grano fino
- Utilizar una barrera de vapor por debajo de la losa para evitar el vapor de agua que se presentan en la base de la losa cuando las condiciones del suelo contribuyen a la retención de la humedad. Asegure que sea instalada correctamente una barrera de vapor y que no sea dañada durante la construcción. Cúbrela con una capa de 4 pulgadas (10 cm) de un relleno granular autodrenante o un material de trituración. Esta capa deberá estar relativamente seca antes de verter el concreto. El concreto colocado directamente sobre una barrera de vapor es susceptible a fisurarse (*Vea el CIP 29*).
- Utilice una mezcla de concreto de buena calidad con un bajo contenido de agua. Un bajo contenido de agua reducirá la cantidad de humedad residual en la losa, requiere de un periodo de

secado más corto y tiene una baja permeabilidad a la humedad. La impermeabilidad del concreto puede ser mejorada utilizando cenizas volantes o escorias en la mezcla de concreto. Vacíe el concreto con un asentamiento (*reventimiento*) moderado que no exceda de 5 pulgadas (125 mm). Se pueden utilizar aditivos reductores de agua para obtener una adecuada trabajabilidad y mantener un bajo contenido de agua.

- Cure el concreto por inundación de agua, cúbralo con mantas húmedas, o rocíele compuestos de curado, durante un mínimo de 3 a 7 días. El curado es un paso importante para alcanzar una losa de alta calidad con una reducida transmisión de humedad.
- Evite emplear compuestos de curado a base de ceras cuando serán instalados recubrimientos o láminas.
- Deje pasar el tiempo suficiente para que la losa se humecte de forma natural, mientras se seca y está bajo techo y protegida. Utilice calor y deshumidificadores para acelerar el secado. Mientras la transmisión de la humectación sea afectada por la temperatura y la humedad, mantenga las condiciones del servicio actual por un período suficientemente largo antes de la instalación del recubrimiento del piso.
- Determine la condición de humedad de la losa antes de instalar el recubrimiento del piso.

Cuando la humedad de la losa de concreto no pueda ser controlada, considere la utilización de recubrimientos de piso menos sensibles a la humedad o de mantas de piso que respiren.

## ¿CÓMO se mide la humedad de la losa de concreto?

En la ASTM E 1907 se describen varios métodos cualitativos y cuantitativos para medir la humedad de las losas de concreto.

Determinen la condición de humedad de la losa a la misma temperatura y condiciones que encontrará en servicio.

En general, ensaye en tres locaciones de muestras aleatorias para áreas de hasta 1000 pies cuadrados (100 m<sup>2</sup>). Asegure que la superficie está limpia y seca. Lleve una estadística de la humedad relativa y la temperatura en el momento del ensayo. Algunos de los ensayos más comunes son:

**Ensayo de la lámina de polietileno.** Es un ensayo cualitativo simple que es comúnmente utilizado, donde se le adhiere estrechamente al concreto una lámina de polietileno de 18 por 18 pulgadas (450 por 450 mm) y se mantiene en el lugar por un mínimo de 16 horas. La lámina plástica y la losa son inspeccionadas visualmente para detectar la presencia de humedad.

**Ensayo de la manta.** Donde el adhesivo deseado para su uso es aplicado en un área de 24 por 24 pulgadas (600 por 600 mm) y se coloca una lámina de vinil de un producto para pisos con la cara hacia abajo sobre el adhesivo y se sella por los bordes. Se hace una inspección visual de la condición del adhesivo después de un período de 72 horas.

**Medidores de humedad.** Basados en la medición de la resistencia o impedancia eléctrica son utilizados para medir la humedad de la losa. Los medidores de resistencia están sujetos a errores y son

raramente utilizados.

**Gravimétrico.** Este es un método directo y aproximado de determinación del contenido de humedad en la superficie del concreto. Se remueven pedazos de la superficie del concreto y se secan en un horno hasta peso constante. El contenido de humedad se calcula entonces como un porcentaje del peso de la muestra seca. Generalmente un contenido de humedad menor de un 3 a un 4% es considerado adecuado para la aplicación de recubrimientos de piso no respirables.

**Densidad Nuclear y Radiofrecuencia.** Estos ensayos tienen un alto grado de confiabilidad, son no destructivos, pero son caros y toman un período más largo de tiempo para correlacionar los factores de corrección para cada proyecto individual.

**Ensayo del cloruro de calcio anhidro.** Es un ensayo popular seleccionado por varios fabricantes de pisos, quienes especifican un criterio basado en este método, para la instalación de pisos o alfombras. Una cantidad medida de cloruro de calcio anhidro es colocada en un área sellada sobre la superficie y se mide la cantidad de humedad absorbida por la sal durante 60 a 72 horas, para calcular el ritmo de emisión de vapor de humedad (MVER). Los límites máximos de transmisión de vapor generalmente especificados son de 3 a 5 libras de humedad por cada 1000 pies cuadrados en 24 horas (de  $1,4 \times 10^{-4}$  a  $2,4 \times 10^{-4}$  kPa en 24 horas). Este ensayo es relativamente barato, rinde un resultado cuantitativo, pero está sujeto a errores pues la sal tiene una fuerte afinidad por el agua.

**Higrómetro.** Un área de ensayo del piso es sellada por debajo de un cierre impermeable. La humedad relativa del bolso de aire atrapado encima de la losa se mide empleando un higrómetro o una probeta para humedad relativa por un mínimo de 72 horas. El piso puede ser instalado si la humedad relativa obtenida es menor del 75%.

**Ensayo de la cinta.** En el cual una cinta de ensayo del adhesivo o imprimador propuesto se evalúa durante 24 horas para predecir su comportamiento sobre el piso. Este procedimiento no es muy confiable.

### Referencias

1. *Guide to Concrete Floor and Slab Construction*, ACI 302.1R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. ASTM E 1907, *Standard Practice for Determining Moisture-Related Acceptability of Concrete Floors to Receive Moisture-Sensitive Finishes*, ASTM, West Conshohocken, PA.
3. Bruce Suprenant, *Moisture Movement Through Concrete Slabs*, Concrete Construction, November 1997.
4. Thomas K. Butt, *Avoiding and Repairing Moisture Problems in Slabs on Grade*, The Construction Specifier, December, 1992.
5. Malcolm Rode and Doug Wendler, *Methods for Measuring Moisture Content in Concrete*, Concrete Repair Bulletin, March-April, 1996.
6. Steven H. Kosmatka, *Floor-Covering Materials and Moisture in Concrete*. Portland Cement Association, Skokie, IL.

### Siga estas reglas para evitar los problemas con la humedad de la losa

1. Evalúe el lugar para determinar el potencial para la migración de humedad y tome medidas para mitigarla en la fase de diseño.
2. Utilice un concreto de buena calidad con un contenido bajo de agua y una baja permeabilidad a la humedad.
3. Siga las buenas prácticas para la colocación, el acabado y el curado.
4. Permita que la losa se seque y ensaye el ritmo de emisión de humedad antes de instalar los recubrimientos o cubiertas para pisos.



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El <sup>Hormigón</sup> Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 29 - Barreras de vapor ubicadas bajo losas apoyadas en el suelo

### ¿QUÉ son las barreras de vapor?

Son materiales que minimizarán la transmisión del vapor de agua desde el suelo portante a través de la losa de concreto (*hormigón*). Los materiales en forma de membrana con una permeabilidad menor que 0.3 perms norteamericanos (0.2 perms métricos) cuando se ensayan según la ASTM E 96, son recomendables para su utilización como barreras de vapor. La lámina de polietileno es comúnmente utilizada y se recomienda un espesor mínimo de 10 mils (0.25 mm) para reducir la transmisión de vapor y para mayor durabilidad durante y después de su instalación. Hay también materiales disponibles de membrana específicamente diseñados para ser utilizados como verdaderas barreras de vapor con ritmos de transmisión de agua de 0.00 perms por pie cuadrado por hora, según la ASTM E 96.

### ¿POR QUÉ se utilizan barreras de vapor?

Se especifican con frecuencia para losas de concreto sobre el suelo en interiores, donde se desea protección contra la humedad. En dependencia de las características del suelo subyacente y de las condiciones de humedad, la protección contra la humedad puede ser deseable cuando los pisos van a cubrirse con alfombras, baldosas, madera u otros recubrimientos de piso impermeables, o cuando van a ser colocados sobre el piso equipos o productos sensibles a la humedad provocando la delaminación, la distorsión o decoloración de los productos y posiblemente el crecimiento de hongos y la presencia de olores.

Las membranas por debajo de las losas de piso sobre el suelo, en conjunción con juntas selladas, aportan además una barrera a la penetración del radón en los espacios cerrados donde existen tales condiciones.

### ¿En QUÉ casos se recomiendan las barreras de vapor?

Las siguientes condiciones generalmente justifican el uso de barreras de vapor:

1. Un nivel freático permanentemente o estacionalmente elevado, caída permanente de agua de lluvia o de otro tipo

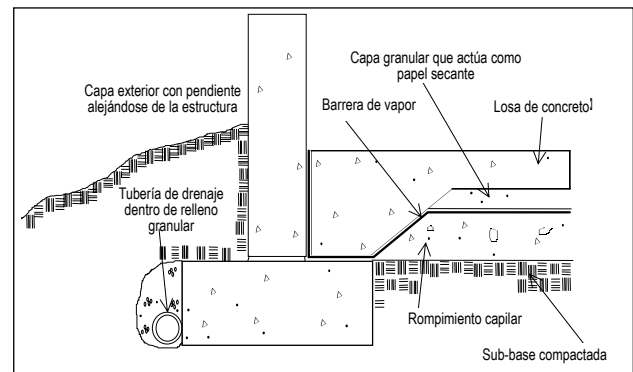


Figura 1. Detalle típico de una losa sobre suelo con barrera de vapor.

que dé como resultado niveles de agua por encima del nivel de la losa existente, los cuales debido a la presión hidrostática, conducirán humedad a través de la losa de concreto. Es necesario que sean adecuadamente diseñadas las pendientes para manejo de aguas, las jardineras y los drenajes.

2. Una sub-base de suelo de grano fino permite que la humedad se mueva hasta la base de la losa por flujo capilar. El suelo de grano grueso que drena fácilmente no promoverá el flujo capilar.
3. Un gradiente de presión de vapor, donde exista una concentración más elevada de vapor de agua (una mayor humedad relativa) en una sub-base cálida provocará que el vapor de agua suba a través del concreto a la superficie de la losa donde el aire es frío, seco y con una menor humedad relativa.

Las barreras de vapor bajo las losas de concreto sobre el piso deberán ser utilizados solamente cuando las condiciones de migración de humedad adversas puedan causar problemas con las condiciones previstas de servicio de un piso de concreto.

Las barreras de vapor no impiden la migración de la humedad residual desde el interior del concreto hasta la superficie. Es importante utilizar una mezcla de concreto de buena calidad con la menor cantidad de agua posible, que ofrezca la trabajabilidad adecuada. Los aditivos reductores de agua son utilizados generalmente para minimizar el contenido de agua en la mezcla de concreto y garantizar la adecuada trabajabilidad. Después que el concreto haya sido curado adecuadamente, hay que permitir que la losa se seque y sea ensayada para asegurar que la humedad no esté siendo transmitida a través de la losa antes

de la instalación de los materiales de piso (CIP 28).

## ¿CÓMO colocar el concreto sobre las barreras de vapor?

El concreto no debe ser colocado directamente sobre los retardadores de vapor. Las investigaciones y la experiencia han demostrado que el concreto, especialmente de un alto asentamiento (*revenimiento*), debido a su elevado contenido de agua, cuando se coloca directamente sobre una barrera de vapor será susceptible a formar costras superficiales, fisurarse y alabearse.

Cuando el concreto es colocado directamente sobre una barrera de vapor, provoca que el agua de exudación (*sangrado*) suba a la superficie y retrase las operaciones de acabado. El agua de exudación que es atrapada por debajo de una superficie terminada puede causar delaminaciones (CIP 20) o ampollas (CIP 13). En clima frío, con viento, o seco, una superficie endurecida (*formando una costra*) puede dar como resultado que si el concreto no pierde el agua de la base, ésta fragüe más lentamente que la superficie. Un fraguado demorado puede además provocar fisuración por retracción plástica (CIP 5).

Puede ocurrir alabeo (CIP 19) debido a un secado diferencial y a la retracción relativa a diferentes niveles en la losa.

La sub-base y la base deben ser adecuadamente compactadas. La base debe ser bien drenada y estable para soportar el tráfico de construcción. Generalmente se recomienda un material fino, preferiblemente de trituración, con cerca de un 10 a un 30 por ciento de pasante por el tamiz No. 100 (150 mm) y libre de arcilla o material orgánico. Utilice una capa de 6 a 8 pulgadas (150 a 200 mm) de grava gruesa o piedra triturada como barrera capilar en lugares donde haya sub-bases o suelos de grano fino.

No se debe utilizar la arena de mezcla de concreto pues es fácilmente desplazable durante la construcción.

Si va a utilizar las barreras de vapor, colóquelas sobre una capa fina de material fino compactado y nivelado, sobre la base, para prevenir daños. Las láminas de la membrana deben traslaparse

6 pulgadas (150 mm) en las juntas y sellarse alrededor de las aberturas de las columnas y a la pared de la cimentación.

Cubra el retardador de vapor con una capa de un espesor mínimo de 4 pulgadas (100 mm) de material de relleno granular, fácil de acomodar y compactable. Un material de trituración, con gradación desde 1½ pulgada (37.5 mm) hasta finos, trabaja bien. Si esto no resulta práctico cubra la barrera de vapor con una capa de 3 pulgadas (75 mm) como mínimo de arena de roca triturada. No utilice arena de concreto. Para reducir la fricción de la losa cubra la capa de trituración con una capa de material fino. La capa granular sobre una barrera de vapor debe ser idealmente colocado bajo techo y debe estar seca antes de la colocación del concreto para funcionar como un papel secante y remover el agua del concreto fresco.

Cuando las restricciones que existan sobre la excavación requieren vaciar una losa directamente sobre una barrera de vapor, se debe hacer mucho énfasis en las buenas prácticas del concreto. Utilice una mezcla de concreto con un bajo contenido de agua. Utilice cenizas volantes o escorias como ingredientes cementantes que reducirán la permeabilidad del concreto a la humedad o la transmisión del vapor de agua. El asentamiento del concreto recomendado para el vaciado en estas condiciones no debe exceder de 5 pulgadas (12.5cm). Comience las operaciones de acabado después que el concreto deje de exudar. Finalmente los procedimientos de curado adecuados (CIP 11) asegurarán una buena calidad de la losa de concreto.

### Referencias

1. *Guide to Floor and Slab Construction*, ACI 302.1R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. ASTM E 1643, *Standard Practice for Installation of Water Vapor Reducers Used in Contact with Earth or Granular Fill Under Concrete Slabs*, ASTM, West Conshohocken, PA.
3. *Slabs on Grade*, Concrete Craftsman Series – CCS-1, 2<sup>nd</sup> edition, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
4. R. H. Campbell, *Job Conditions Affect Cracking and Strength of Concrete In-Place*, et al., ACI Journal, Jan 1976, pp. 10-13
5. C. Bimel, *No Sand, Please*, The Construction Specifier, June 1995, pp. 26
6. Robert W. Gaul, *Moisture-Caused Coating Failures: Facts and Fiction*, Concrete Repair Digest, February – March, 1997.

### Siga las siguientes reglas cuando utilice barreras de vapor

1. Utilice barreras de vapor bajo las losas solamente cuando el suelo de la localidad y las condiciones de servicio requieran su utilización.
2. No coloque el concreto directamente sobre la barrera de vapor, pues esto puede dar como resultado la fisuración, el alabeo y las delaminaciones.
3. Coloque la barrera de vapor sobre una base lisa y asegure su hermeticidad a la humedad por debajo de la losa y en sus bordes.
4. Coloque una capa de 3 a 4 pulgadas (75 a 100 mm) de relleno granular autodrenante y estable sobre la barrera de vapor.
5. Solicite un concreto de buena calidad y siga las buenas prácticas del concreto para el acabado y el curado para reducir la transmisión potencial de vapor de agua.
6. Coloque el concreto con un asentamiento que no exceda de 5 pulgadas (125 mm).



Información Técnica preparada por **National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org)**  
Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association. Traducción en convenio con la Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado.

Traducción en convenio



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# Hormigón El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 30 - Adiciones al cemento

### ¿QUÉ son las adiciones al cemento?

En su forma básica, el concreto (*hormigón*) es una mezcla de cemento portland, arena, agregado grueso y agua. El principal material cementante en el concreto es el cemento portland. Hoy en día la mayoría de las mezclas de concreto contienen adiciones al cemento que constituyen una porción del material cementante en el concreto. Estos materiales son generalmente subproductos de otros procesos o materiales de origen natural. Ellos pueden o no ser procesados antes de ser utilizados en los concretos. Algunos de estos materiales son denominados puzolanas, que por sí mismos no tienen propiedades cementantes, pero cuando se utilizan con el cemento portland, reaccionan para formar componentes cementantes. Otros materiales, como las escorias sí exhiben propiedades cementantes.

Para su uso en el concreto, las adiciones al cemento, algunas veces son referidos como adiciones minerales, necesitan cumplir los requerimientos de las normas establecidas. Ellos pueden ser utilizados individualmente o en combinación en el concreto. Pueden ser añadidos a la mezcla de concreto como un cemento que contenga la adición (*blended*) o como un ingrediente dosificado separadamente en la planta de concreto premezclado.

A continuación se observan algunos ejemplos de estos materiales.

Las **Cenizas volantes** son un subproducto de los hornos que emplean carbón mineral como combustible para la generación de energía y constituyen en sí las partículas no combustibles removidas de las chimeneas de gases. Las cenizas volantes utilizadas en el concreto deben tener conformidad con la norma ASTM C618. La cantidad de ceniza volante en el concreto puede variar entre el 5 y el 65% en peso de los materiales cementantes, según la fuente y la composición de la ceniza volante y del desempeño requerido al concreto. Las características de la ceniza volante pueden variar significativamente según la fuente del carbón mineral que se quema. Las cenizas de Clase F son normalmente producidas de la quema de la antracita o de carbones bituminosos y generalmente poseen un contenido bajo de calcio. Las cenizas de Clase C son producidas cuando se queman carbones sub-bituminosos y poseen típicamente propiedades puzolánicas.

Las **Escorias molidas de alto horno** (GGBFS) son sub-productos no metálicos producidos en un alto horno cuando el mineral de hierro es reducido a hierro dulce. La escoria líquida es enfriada rápidamente para formar gránulos, que son molidos hasta una finura similar a la del cemento portland. Las escorias



molidas de alto horno utilizadas como un material cementante deben tener conformidad con la norma ASTM C989. En esta especificación se definen tres grados de escorias: 80, 100 y 120, donde el grado más alto contribuye más a la resistencia potencial. Las escorias molidas de alto horno tienen por sí mismas propiedades cementantes pero éstas son mejoradas cuando se utilizan con cemento portland. Las escorias se utilizan entre el 20 y el 70% en peso de los materiales cementantes.

El **Humo de sílice** es un material puzolánico de alta reactividad y es un subproducto de la producción de metal silíceo o ferrosilíceo. Se recolecta de la chimenea de gases de los hornos de arco eléctrico. El humo de sílice es un polvo extremadamente fino, con partículas alrededor de 100 veces más pequeñas que un grano promedio de cemento. El humo de sílice está disponible como un polvo densificado o en forma de material acuoso. La norma para el humo de sílice es la ASTM C1240. Generalmente se utiliza entre el 5 y el 12% en peso de los materiales cementantes para las estructuras de concreto que necesitan alta resistencia o una permeabilidad significativamente reducida al agua. Debido a su extrema finura, deberán garantizarse procedimientos especiales para la manipulación, el vaciado y el curado del concreto con este material.

**Puzolanas naturales.** Varios materiales naturales poseen, o pueden ser procesados para poseer propiedades puzolánicas. Estos materiales están también cubiertos por la especificación normativa ASTM C618. Las puzolanas naturales tienen generalmente un origen volcánico y estos materiales silíceos tienden a ser reactivos si son enfriados rápidamente. En los Estados Unidos las puzolanas naturales comercialmente disponibles incluyen el **Metacaolín** y las **Arcillas o esquistos calcinados**. Estos materiales son producidos mediante la calcinación

controlada de minerales de origen natural. El Metacaolín es producido a partir de arcillas caoliniticas relativamente puras y se emplean entre el 5 y el 15% en peso de los materiales cementantes. Las arcillas o esquistos calcinados son utilizados a mayores porcentajes en peso. Otras puzolanas naturales son los **cristales volcánicos, s zeolíticos, ceniza de cáscara de arroz y tierra de diatomeas.**

## ¿POR QUÉ son utilizadas las adiciones al cemento?

Pueden ser utilizados para el mejoramiento del desempeño del concreto en su estado fresco y endurecido. Son principalmente utilizados para mejorar la trabajabilidad, la durabilidad y la resistencia. Estos materiales le permiten al productor de concreto diseñar y modificar la mezcla de concreto para satisfacer la aplicación deseada. Las mezclas de concreto con elevados contenidos de cemento portland son susceptibles a la fisuración y a una mayor generación de calor. Estos efectos pueden ser controlados en alguna medida mediante la utilización de adiciones al cemento.

Los materiales cementantes suplementarios tales como las cenizas volantes, las escorias y el humo de sílice le permiten a la industria del concreto utilizar centenares de millones de toneladas de subproductos que de otra forma serían vertidos en el terreno como desechos. Por otro lado su utilización reduce el consumo de cemento portland por unidad de volumen de concreto. El cemento portland tiene un elevado consumo de energía y de emisiones asociadas con su producción, Este consumo energético se disminuye cuando se reduce la cantidad de cemento portland utilizada en el concreto.

## ¿CÓMO afectan las propiedades del concreto la utilización de adiciones?

**Concreto fresco:** En general, las adiciones al cemento mejoran la **consistencia** y la **trabajabilidad** del concreto fresco, porque se le añade un volumen adicional de finos a la mezcla. El concreto con humo de sílice es utilizado típicamente con bajos contenidos de agua con aditivos reductores de agua de alto rango y estas mezclas tienden a ser cohesivas y más viscosas que el concreto corriente. Las cenizas volantes y las escorias generalmente reducen la demanda de agua para el asentamiento (*revenimiento*) requerido del concreto. El **tiempo de fraguado** del concreto puede ser retardado con algunas adiciones utilizadas en porcentajes elevados. Esto puede ser beneficioso en clima caliente. El retardo es eliminado en invierno reduciendo el porcentaje de las adiciones al cemento en el concreto. Debido a los finos adicionales, la cantidad y la tasa de la **exudación (sangrado)** en estos concretos es frecuentemente baja. Esto es especialmente significativo cuando se utiliza humo de sílice. Una exudación baja, conjuntamente con el retardo del fraguado pueden causar fisuración por retracción plástica y por esto se pueden hacer necesarias algunas precauciones especiales durante el vaciado y el acabado (*Vea el CIP 5*).

**Resistencia** – Las mezclas de concreto pueden ser dosificadas para producir la resistencia requerida y la velocidad de ganancia de resistencia que sea requerida para la aplicación. Con las

adiciones que no sean humo de sílice, la velocidad de ganancia de resistencia puede ser más baja inicialmente, pero la ganancia de resistencia es continuada por un periodo de tiempo más largo comparado con las mezclas que sólo poseen cemento portland, lo que frecuentemente da como resultado resistencias últimas más elevadas.

El humo de sílice es comúnmente utilizado para producir resistencias por encima de las 10 000 libras por pulgada cuadrada (70 MPa). El concreto que contiene adiciones generalmente necesita consideraciones adicionales para el curado tanto para el ensayo de los cilindros de ensayo como de la estructura para asegurar que sean alcanzadas las propiedades esperadas.

**Durabilidad** – Las adiciones al cemento pueden ser utilizadas para reducir el calor asociado con la hidratación del cemento y reducir el potencial de fisuración térmica en elementos estructurales masivos. Estos materiales modifican la microestructura del concreto y reducen su permeabilidad por lo que consecuentemente reducen la penetración de agua y sales disueltas en el concreto. La impermeabilidad del concreto reducirá varias formas de deterioro del mismo, tales como la corrosión del acero de refuerzo y el ataque químico. La mayoría de las adiciones al cemento reducen la expansión interna del concreto debido a reacciones químicas tales como la reacción árido álcali y el ataque de sulfatos.

La resistencia a los ciclos de congelación y deshielo requiere el empleo de un concreto con aire incorporado. El concreto con un apropiado sistema de vacíos de aire y resistencia tendrá un óptimo desempeño en estas condiciones.

La combinación óptima de materiales variará para diferentes requisitos de desempeño y para el tipo de adición. El productor de concreto premezclado, con conocimiento de los materiales disponibles localmente, puede establecer las proporciones de la mezcla para el desempeño requerido. Las restricciones prescriptivas sobre las proporciones de la mezcla pueden inhibir la optimización y la economía. Si bien se discutieron anteriormente varias posibles mejoras de las propiedades del concreto, estas no son mutuamente excluyentes y la mezcla debe ser dosificada para los requerimientos de desempeño más críticos de trabajo con los materiales disponibles.

## Referencias

1. ASTM Standards C 618, C 989, C 1240, Volume 04.02, American Society of Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
2. *Use of Natural Pozzolans in Concrete*, ACI 232.1R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
3. *Use of Fly Ash in Concrete*, ACI 232.2R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
4. *Ground Granulated Blast Furnace Slag as a Cementitious Constituent in Concrete*, ACI 233R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
5. *Guide for the Use of Silica Fume in Concrete*, ACI 234R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
6. *Pozzolanic and Cementitious Materials*, V.M. Malhotra and P. Kumar Mehta, Gordon and Breach Publishers



# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 31 - Pedir ordenes de Concreto Premezclado

### ¿QUÉ es el concreto premezclado?

El concreto es una mezcla de materiales cementantes, agua, agregados (usualmente arena y grava o roca triturada). Existe el concepto erróneo de que el cemento y el concreto son la misma cosa. El cemento es un ingrediente en forma de polvo que proporciona el pegamento para que los agregados se adhieran entre sí en una masa denominada concreto.

El concreto premezclado es aquel que es entregado al cliente como una mezcla en estado no endurecido (mezcla en estado fresco). El concreto premezclado es uno de los materiales de construcción más populares y versátiles, debido a la posibilidad de que sus propiedades sean adecuadas a las necesidades de las diferentes aplicaciones, así como su resistencia y durabilidad para soportar una amplia variedad de condiciones ambientales.

Las mezclas de concreto son proporcionadas para obtener las propiedades requeridas para determinada aplicación. Deben tener la consistencia o el asentamiento (*reventamiento*) correcto para facilitar la manejabilidad y la colocación, así como una adecuada resistencia y durabilidad para soportar cargas, las condiciones ambientales que se anticipan y las condiciones de servicio. Las cantidades de diseño de los insumos del concreto son pesadas con precisión y mezcladas, ya sea en una unidad mezcladora en planta o en un camión mezclador (*mezcladora, hormigonera*). El concreto se entrega en un camión mezclador o una unidad agitadora, lo cual mantiene al concreto de forma homogénea hasta que es descargado en el lugar de la colocación (*vaciado, colado*). El concreto permanece en estado plástico por varias horas según el tipo de mezcla y las condiciones durante la colocación de manera que haya tiempo suficiente para ser vaciado y para darle acabado. El concreto normalmente fragua o endurece entre dos y doce horas después del mezclado y continúa incrementando su resistencia durante meses o aún años si es adecuadamente curado durante los primeros días.

### ¿POR QUÉ se utiliza el concreto premezclado?

El concreto en su estado fresco, es una mezcla plástica que puede ser colocada virtualmente formando cualquier forma deseada. Las propiedades del concreto pueden ser adecuadas a las necesidades del casi cualquier aplicación y para servir en una amplia variedad de ambientes extremos. El concreto es un material de construcción muy económico que puede desempeñar su función por muchos años con un mantenimiento mínimo, siempre que sea utilizada la mezcla adecuada relativa a la aplicación y prácticas establecidas de construcción. Está disponible en una amplia variedad de opciones con color, textura y detalles arquitectónicos para mejorar la calidad estética de la aplicación.

### ¿CÓMO pedir una orden de concreto premezclado?

La clave para ordenar concreto premezclado es facilitar la información detallada y establecer los requisitos más relevantes para la aplicación tan sencillos como sean posible. El productor de concreto premezclado tiene muchas formulaciones de mezclas para una amplia variedad de aplicaciones y puede ayudar a decidir sobre las características requeridas para la mezcla.



Algunos de los requisitos básicos a tener en cuenta cuando se coloca una orden de concreto son los siguientes:

**Tamaño del agregado grueso** – La información más importante es el tamaño máximo nominal requerido, el cual debe ser inferior a la dimensión más estrecha a través de la cual deberá fluir el concreto, tal como el espesor de la sección y el espaciamiento del acero de refuerzo si lo hay. Para la mayoría de las aplicaciones, el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de  $\frac{3}{4}$  o 1 pulgada (19.0 o 25.0 mm).

**Asentamiento** – El asentamiento del concreto, como medida de su consistencia, debe ser el indicado. Una mezcla más seca tendrá un valor de asentamiento bajo. El rango de asentamiento típico para la mayoría de las aplicaciones es de 3 a 5 pulgadas (75 a 100 mm). Para la construcción con moldes deslizantes se requiere un asentamiento máximo de 2 pulgadas (50 mm), mientras que para muros de sótanos es típico un asentamiento más alto, hasta un máximo de 7 pulgadas (175 mm). La tolerancia de entrega del asentamiento del concreto es de  $\pm 1$  a  $1\frac{1}{2}$  pulgadas (25 a 38 mm). Se permite la adición de agua en el sitio de la obra para incrementar el asentamiento, siempre que se asegure que no sea demasiado excesiva para causar segregación y reducir la resistencia y la durabilidad.

**Aire incorporado** – El concreto con aire incorporado debe ser empleado si éste será expuesto a temperaturas de congelación en servicio, o durante la construcción. En muchas locaciones (*sitios*) un concreto con aire incorporado es la opción estándar. Cuando no se requiere un concreto con aire incorporado esto debe ser claramente establecido en la solicitud. El contenido de aire fijado depende del tamaño del agregado grueso y su rango típico es de un 4 a un 6% del volumen de concreto. La tolerancia del contenido de aire en la entrega es de  $\pm 1.5\%$ . Al proveedor del concreto le es permitido hacer un ajuste del contenido de aire en el sitio de la obra, cuando el valor ensayado está por debajo de la cantidad requerida.

**Nivel de calidad requerido** – El comprador especifica la calidad del concreto en términos de sus propiedades o de su composición.

El método preferido para solicitar el concreto es mediante la especificación de los requisitos de desempeño, los cuales se refieren generalmente

a la resistencia del concreto. Otras características de desempeño tales como la permeabilidad, la retracción o varios requisitos de durabilidad, pueden ser especificados cuando se requieran. El productor debe ser advertido de la exposición y las condiciones de servicio previstas para la estructura. El productor de concreto está mejor preparado para dosificar, mezclar y entregar un concreto adecuado para el desempeño deseado. El nivel de resistencia es formulado generalmente por el diseño de la estructura para resistir las cargas previstas durante el proceso de construcción y el servicio. Una resistencia mínima de 3500 a 4000 libras por pulgada cuadrada (25 a 28 MPa) puede asegurar un concreto duradero, tanto por su resistencia al desgaste como por su resistencia a la abrasión y a los ciclos de congelación y deshielo.

Otra opción es que el comprador solicite el concreto bajo requerimientos prescriptivos (estableciendo la composición de la mezcla). En este caso, el comprador especifica los límites de las cantidades y tipos de insumos en la mezcla, y, generalmente debe aceptar la responsabilidad sobre la resistencia del concreto y su desempeño. Los requerimientos prescriptivos pueden indicar un contenido mínimo de cemento, una relación agua/cemento máxima y límites en las cantidades de puzolanas, escorias o aditivos. Frecuentemente esta aproximación es utilizada cuando una mezcla en particular ha trabajado bien en el pasado. Esta aproximación no le permite al productor mucha flexibilidad en la economía de la mezcla o para acomodar cambios en las fuentes de las materias primas o en sus características, que pueden afectar el desempeño del concreto.

Especificar por requisitos de desempeño y por requerimientos prescriptivos no es lo apropiado pues los requisitos de desempeño pueden entrar en conflicto con los límites prescritos.

**Cantidad de concreto** – El concreto se vende por volumen, en yardas cúbicas (o metros cúbicos), en estado mezclado, fresco, no endurecido, tal como es descargado del camión mezclador. Se calcula el volumen entregado, o el rendimiento a partir de la medición de la densidad o peso unitario del concreto. Una yarda cúbica de concreto pesa alrededor de 4000 libras (2 toneladas cortas). Un metro cúbico (aproximadamente 1.3 yardas cúbicas) pesa alrededor 2400 kg. La capacidad típica de un camión mezclador es de 8 a 12 yardas cúbicas (5 a 9 metros cúbicos).

Solicite una cantidad de concreto entre un 4 y un 10% mayor a lo estimado en base al cálculo volumétrico de las dimensiones de la estructura. Esto tendrá en cuenta los desechos o las pérdidas, la sobre-excavación, la deformación de los encofrados, la pérdida de aire incorporado durante la colocación, el asentamiento de una mezcla húmeda, el concreto que se queda pegado en el camión mezclador y el cambio de volumen – el volumen del concreto endurecido es de un 1 a un 2% menor que el del concreto fresco. Reevalúe las necesidades durante el vaciado y comuníquelas cualquier cambio al proveedor del concreto.

La devolución del concreto sobrante tiene implicaciones económicas y ambientales para el productor de concreto premezclado. Haga una buena estimación del concreto requerido para el trabajo antes de hacer una solicitud. Evite ordenar pequeñas cantidades, menores a 4 yardas cúbicas (2,5 metros cúbicos).

**Aspectos adicionales** – Por parte del productor de concreto premezclado está disponible una variedad de opciones con valor agregado. Los aditivos químicos pueden acelerar o retardar las características de fraguado del concreto para ayudar en el vaciado y en el acabado en clima caliente o frío. Los aditivos reductores de agua son utilizados para incrementar el asentamiento del concreto sin la adición de agua. Las fibras sintéticas pueden reducir la fisuración potencial por retracción plástica. La utilización del color o de agregados especiales puede mejorar las características estéticas. El contratista del concreto puede además ser una fuente para conocer los tipos de acabados y las texturas novedosas en el concreto.

**Programación de la entrega** – Programe la entrega del concreto para

acomodarla al cronograma de la construcción. Informe al productor la dirección correcta de la obra, la ubicación y la naturaleza del vaciado, así como un estimado del tiempo de entrega. Llame al productor de concreto premezclado con suficiente antelación a la fecha de entrega requerida. El concreto es un producto perecedero y la brigada de construcción debe estar preparada para el vaciado cuando los camiones arriben a la obra. Notifique al productor de cualquier cambio en el programa o de retardos en el trabajo, de forma inmediata.

Asegure que el camión mezclador tenga un acceso adecuado hasta el lugar de la colocación. El camión mezclador pesa más de 60 000 libras (27 000 kg.) y puede ser que tenga dificultades para maniobrar en terracerías, zonas residenciales o en zonas sin pavimentar.

## ¿CUÁLES son las responsabilidades?

Las responsabilidades de las diferentes partes involucradas en el proceso de construcción deben ser establecidas en un encuentro previo a la construcción, especialmente en trabajos de gran escala. Estas responsabilidades deben ser documentadas y distribuidas a todos los interesados durante la construcción. Algunos aspectos se discuten a continuación:

- El productor de concreto es responsable del asentamiento de la mezcla tal como está especificada, dentro de un período de 30 minutos después del tiempo solicitado o desde el momento en que el camión arribe al lugar de vaciado, el que ocurra más tarde.
- El productor de concreto tiene que entregar el concreto con el asentamiento requerido y con el contenido de aire indicado, dentro de las tolerancias aceptadas indicadas anteriormente al ser medidas en el lugar de descarga del camión mezclador.
- Cuando los procedimientos de la colocación puedan alterar potencialmente las características del concreto fresco, es responsabilidad del comprador informarle al productor de los cambios que se han hecho a los requerimientos de la mezcla para acomodar estos efectos. Un ejemplo de estos cambios es el bombeo del concreto en la obra.
- Cuando un trabajo en específico utilice más de un tipo de mezcla de concreto, es responsabilidad del comprador verificar la mezcla entregada y dirigirla al lugar correcto de vaciado.
- El comprador deberá verificar y firmar el vale o recibo de entrega y documentar cualquier ocurrencia especial en dicho vale.
- El productor de concreto no puede ser responsable de la calidad del concreto, cuando se le hace cualquier modificación o adición a la mezcla en la obra. Esto incluye la adición de agua en exceso, aditivos, fibras o productos especiales, o si el camión tiene que esperar durante un extenso período de tiempo antes de descargar el concreto.
- Cuando los ensayos de resistencia son utilizados para la aceptación del concreto, las muestras deberán ser obtenidas en el punto de descarga del camión mezclador. El comprador o su representante deberá asegurar que existan los medios adecuados para el curado de los cilindros o probetas de ensayo en el lugar de trabajo y que se sigan las prácticas normalizadas para el curado y los ensayos subsiguientes. Los ensayos deben ser conducidos por personal certificado. Los reportes de ensayos deben ser enviados al productor a tiempo para asegurar que las deficiencias sean aclaradas.

### Referencias

1. *ASTM C 94*, Standard Specification for Ready Mixed Concrete, Vol. 04.02, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
2. *Ready Mixed Concrete*, Richard D. Gaynor, NRMCA Publication 186, NRMCA, Silver Spring, MD.
3. *Guide for Measuring, Mixing, Transporting and Placing Concrete*, ACI 304R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI

### ADVERTENCIA

El concreto fresco puede causar quemaduras químicas severas en la piel y los ojos. Mantenga al concreto fuera del contacto con la piel. Cuando se trabaja con concreto, utilice botas de goma, guantes, lentes de protección especial, ropa y rodilleras. No permita que el concreto y otros productos cementantes penetren dentro de su ropa o rocen contra su piel. Lave su piel rápidamente con agua limpia después del contacto con concreto fresco. Si cae concreto fresco en sus ojos, lávelos inmediata y repetidamente con agua y consulte al doctor. Mantenga a los niños alejados del polvo de cemento y de toda mezcla fresca de concreto.

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 32 - Reunión previa la Construcción

### ¿QUÉ es una reunión previa a la construcción?

Antes de comenzar un trabajo, especialmente en el caso de grandes proyectos, debe llevarse a cabo una reunión previa a la construcción relacionada con el concreto (*hormigón*) (algunas veces denominada reunión de obra) para definir y ubicar las responsabilidades de todo el equipo de construcción. Es imperativo que todos los miembros del equipo se reúnan para establecer las responsabilidades de proveedor de concreto, el dueño, el arquitecto, el ingeniero estructural, el contratista general, los subcontratistas, los laboratorios de ensayos y los inspectores. Esta reunión debe efectuarse mucho antes del proyecto para asegurar que haya tiempo suficiente para que todas las partes tengan absolutamente claras sus responsabilidades.

### ¿POR QUÉ hay que efectuar una reunión previa a la construcción?

Cada proyecto de construcción reúne a diferentes compañías, personal y procedimientos, que pueden o no haber trabajado juntos con anterioridad. Dos trabajos nunca son iguales, aun cuando se trabaja con las mismas compañías, pues los cambios en el personal pueden modificar la percepción de las responsabilidades individuales. Las conferencias previas a la construcción son necesarias para solucionar los detalles de cómo debe ser ejecutado un trabajo, identificar los contactos autorizados para varios aspectos y que es lo que debe hacerse si alguna cosa no sale como estaba planificada. De hecho en muchos casos, los proyectos se han comenzado sin un claro entendimiento de las responsabilidades asignadas, lo que da como resultado la realización de trabajos extras, pérdidas de tiempo y mayores costos. En algunos casos una sencilla conferencia previa a la construcción puede haber prevenido algunos, si no todos, los problemas que puedan ocurrir. Estas reuniones sirven para documentar la cadena de responsabilidades, que puede ser referenciada cuando sea necesario.

### ¿CÓMO hay que conducir una reunión previa a la construcción?

La agenda de la conferencia previa a la construcción deberá contener lo siguiente para asegurar que todos los detalles son abarcados antes de la colocación del concreto:



**Propósito:** Definir las responsabilidades individuales del equipo de construcción con concreto

**Tema:** Agenda previa a la construcción, diseños de las mezclas de concreto, de la colocación, inspección y ensayos

**Nombre del proyecto y ubicación:** Establecer el nombre del proyecto y su microlocalización.

**Personal a asistir:** El gerente del proyecto por parte del contratista, representante del propietario, subcontratista o proveedor del concreto, el arquitecto, el ingeniero, el supervisor de los ensayos de laboratorio, el contratista del equipo de bombeo, el director de control de calidad del productor de concreto, el inspector y el jefe de la obra, siempre que sea aplicable, así como cualquier otra persona que se considere necesaria.

**Acta de la reunión:** Asignarle a alguien la actividad de elaborar el acta y establecer una lista de distribución de éstas.

**Diseño de la mezcla de concreto y especificaciones:** ¿Los diseños de las mezclas tienen que ser aprobados? ¿Cuál es el proceso de aprobación? ¿Hay requerimientos especiales para el desempeño del concreto? ¿Hay aditivos con valor agregado aprobados para su uso? ¿Quién las autoriza?

**Solicitud del concreto y programación de las entregas:** Asegurar que existe en el lugar un programa de entrega de concreto. Establecer el tiempo de anterioridad necesario para hacer la solicitud, especialmente en el caso de grandes volúmenes o para concretos especiales, y establecer el enlace de comunicación para las cancelaciones de última hora. Establecer quien tiene la autoridad para colocar y cancelar los pedidos. Establecer las áreas para el estacionamiento y ubicación para

el lavado de las ollas de los camiones, así como para el vaciado del concreto sobrante.

**Inspecciones de las plantas:** ¿Son requeridas las inspecciones a las plantas? Si es así, ¿Quién hará las inspecciones y que implicará esto? ¿Serán aceptadas las certificaciones de la NRMCA o de una entidad reconocida?

**Inspecciones del trabajo:** ¿Quién es el responsable de inspeccionar y aprobar los encofrados y el acero de refuerzo antes de la colocación del concreto? ¿Quién es el responsable para aprobar la adecuación de la preparación de la sub-base para el caso de las losas de concreto sobre el terreno? ¿Quién es el responsable para la colocación y la compactación del concreto? ¿Quién asegura que sean empleados los métodos correctos para el acabado de la superficie y el curado? ¿Que método será utilizado y por cuánto tiempo será el curado del concreto? ¿Cuál es la resistencia mínima requerida del concreto para desencofrar? ¿Habrá algún tipo de reporte formal para desencofrar? ¿Habrá algún tipo de ensayo en el sitio? ¿Quién es el responsable de autorizar el desencofre? ¿Dónde serán almacenadas las probetas de ensayo que se curan en el campo y para qué propósito serán ensayadas?

**Muestreo y ensayos:** ¿Qué procedimiento se seguirá para la aceptación de las muestras? ¿Cuál será la frecuencia de muestreo y ensayo del concreto? ¿Será muestreado el concreto en el momento de la descarga de los camiones mezcladores o en otro lugar? ¿Qué ensayos serán efectuados? ¿Quién dirigirá los ensayos y quién verificará que los técnicos están certificados? ¿Cuántas probetas se harán, cómo serán curadas y a qué edad serán ensayadas? ¿Qué procedimiento se seguirá en el caso de no conformidad con la especificación?

**Responsabilidades de la aceptación y rechazo del concreto fresco:** ¿Quién tiene la autoridad para añadirle agua al concreto en la obra? ¿Quién tiene la autoridad para rechazar la entrega del concreto? ¿Por qué razones puede el concreto ser rechazado? ¿Cuáles son las tolerancias para el asentamiento, el contenido de aire, el peso unitario y la temperatura?. Establecer los procedimientos de reensayo del concreto antes de su rechazo.

**Manipulación de las probetas:** ¿Cómo serán almacenadas las

probetas en la obra? ¿Quién deberá asegurar el ambiente inicial de curado de las probetas y cómo controlará que se mantenga temperatura y la humedad requeridas? ¿Cómo serán transportadas las probetas los fines de semana y los días no laborables y quien garantizará el acceso hasta el lugar de trabajo? ¿Qué procedimiento de curado será empleado en el lugar donde se realizarán los ensayos? Verificar que las probetas sean manipuladas, transportadas y curadas de acuerdo con los requerimientos de la ASTM C 31, u otras normas aplicables.

**Distribución del reporte y criterio de aceptación:** Definir el intervalo de tiempo para la distribución del reporte y quienes recibirán copias de los reportes de ensayos. ¿Qué contendrán los reportes y cuál será el criterio de aceptación de la resistencia: el del ACI 318, de la ASTM C 94 u otro?

**Ensayo del concreto en sitio:** La reunión deberá establecer que situaciones requerirán de ensayos adicionales. ¿Cómo y por quién serán evaluados los resultados de los ensayos? ¿Quién asumirá los gastos de las evaluaciones adicionales?

Los puntos listados anteriormente son ejemplos de algunos de los aspectos que deberán ser discutidos en una conferencia previa a la construcción. También da la oportunidad de que todas las partes involucradas revisen cuidadosamente la especificación y los documentos contractuales y si es necesario hacer cambios y mejorarlos. También aporta una comprensión de las responsabilidades, que deberán ser documentadas, para referencias futuras.

## Referencias

1. *Ready Mixed Concrete Quality Control Checklist*, Quality Control Manual - Section 1, NRMCA, Silver Spring, MD.
2. *Concrete Pre-Construction Checklist*, Georgia Concrete & Products Association, 1st Edition.
3. *NRMCA-ASCC Checklist for the Concrete Pre-Construction Conference*, NRMCA, Silver Spring, MD.

## PUNTOS SUGERIDOS PARA LA REUNIÓN PREVIA A LA CONSTRUCCIÓN

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Información del Proyecto y Programación               | <input type="checkbox"/> Requerimientos para el acabado de las superficies     | <input type="checkbox"/> Distribución del reporte                            |
| <input type="checkbox"/> Participantes en el proyecto                          | <input type="checkbox"/> Juntas  | <input type="checkbox"/> Acciones correctivas                                |
| <input type="checkbox"/> Secuencia de construcción y procesos                  | <input type="checkbox"/> Curado y sellado                                      | <input type="checkbox"/> Almacenaje, transportación y ensayo de las probetas |
| <input type="checkbox"/> Construcción y aceptación de la base/sub-base         | <input type="checkbox"/> Protección del concreto                               | <input type="checkbox"/> Aceptación/rechazo del concreto fresco y endurecido |
| <input type="checkbox"/> Accesos a la obra                                     | <input type="checkbox"/> Precauciones para clima frío y caliente               | <input type="checkbox"/> Evaluación in situ de la resistencia del concreto   |
| <input type="checkbox"/> Energía, iluminación, agua                            | <input type="checkbox"/> Materiales para el concreto y mezclas                 | <input type="checkbox"/> Resolución de disputas y asignación de costos       |
| <input type="checkbox"/> Encofrado y desencofrado                              | <input type="checkbox"/> Requisitos especificados para el concreto             | <input type="checkbox"/> Administración ambiental en la obra                 |
| <input type="checkbox"/> La colocación del concreto - equipos y procedimientos | <input type="checkbox"/> Ajustes en la obra                                    | <input type="checkbox"/> Seguridad en la obra                                |
| <input type="checkbox"/> Retardantes de evaporación/barreras de vapor          | <input type="checkbox"/> Materiales especiales                                 |  |
| <input type="checkbox"/> Consolidación   | <input type="checkbox"/> Solicitud y programación de las entregas del concreto |  |
| <input type="checkbox"/> Acabados  | <input type="checkbox"/> Control de calidad/aseguramiento de la calidad        |  |



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El Concreto en la Práctica

Hormigón

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 33 - Concreto de Alta Resistencia

### ¿QUÉ es el concreto de alta resistencia?

Es un tipo de concreto (*hormigón*) de alto desempeño, que comúnmente tiene una resistencia a la compresión especificada de 6000 psi (40 MPa) o más. La resistencia a la compresión se mide en cilindros de prueba de 6" X 12" (150 X 300 mm) o de 4" X 8" (100 X 200 mm), a los 56 o 90 días por lo general, o alguna otra edad especificada dependiendo su aplicación. La producción de concreto de alta resistencia requiere mayor un mayor estudio así como un control de calidad más exigente en comparación con el concreto convencional.

### ¿Para QUÉ es necesario el concreto de alta resistencia?

- A. Para colocar el concreto en servicio a una edad mucho menor, por ejemplo dar tráfico a pavimentos a 3 días de su colocación.
- B. Para construir edificios altos reduciendo la sección de las columnas e incrementando el espacio disponible.
- C. Para construir superestructuras de puentes de mucha luz y para mejorar la durabilidad de sus elementos.
- D. Para satisfacer necesidades específicas de ciertas aplicaciones especiales como por ejemplo durabilidad, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión. Entre algunas de dichas aplicaciones se cuentan presas, cubiertas de graderías, cimentaciones marinas, parqueaderos, y pisos industriales de tráfico pesado. (Cabe señalar que el concreto de alta resistencia no es garantía por sí mismo de durabilidad).

### ¿CÓMO diseñar mezclas de concreto de alta resistencia?

Un óptimo diseño de concreto resulta de la selección de los materiales disponibles en la localidad, que permitan que el concreto en estado plástico sea de fácil colocación y acabado, y que aseguren el desarrollo de la resistencia y demás propiedades del concreto endurecido que especifique



**Ensayo de Concreto de Alta Resistencia**

el diseñador. Algunos de los conceptos básicos que es necesario manejar para su realización son los siguientes:

1. Los agregados deben ser resistentes y durables. No es necesario que sean duros o de alta resistencia, pero si necesitan ser compatibles, en términos de rigidez y resistencia con la pasta de cemento. En general se emplean agregados gruesos del menor tamaño máximo posible para lograr dichos concretos. La arena debe ser mas gruesa que la que se permite en la ASTM C 33 (módulo de finura mayor de 3.2) debido al gran contenido de finos de los materiales cementantes.
2. Las mezclas de concreto de alta resistencia tienen un mayor contenido de materiales cementantes que incrementan el calor de hidratación y posiblemente produzcan una mayor contracción (*retracción*) por secado, creando un mayor potencial de agrietamiento. La mayoría de mezclas contienen una o mas adiciones como cenizas volantes (clase C o F), cenizas de alto horno molidas, microsilice, metacaolín o materiales puzolánicos de origen natural.

3. El concreto de alta resistencia necesita por lo general tener una baja relación agua/material cementante (A/C), dicha relación debe estar en el rango de 0.23 a 0.35. Relaciones A/C tan bajas solo se pueden obtener con muy altas dosificaciones de aditivos reductores de agua de alto rango (o superplastificantes) de acuerdo al tipo F o G de la ASTM C 494. Un aditivo tipo A reductor de agua puede usarse en combinación.
4. El contenido total de materiales cementantes debe estar alrededor de 700 lbs/yd<sup>3</sup> (415 kg/m<sup>3</sup>), pero no más de 1100 lbs/yd<sup>3</sup> (650 kg/m<sup>3</sup>).
5. El uso de aire incorporado en este concreto ocasionará una gran reducción en la resistencia deseada.

Es necesaria una mayor atención y evaluación al considerar las limitaciones impuestas por las especificaciones a las demás propiedades del concreto como la fluencia, la retracción y el módulo de elasticidad. El ingeniero puede fijar límites en dichas propiedades según el diseño de la estructura. Los estudios actuales no pueden proveer la guía necesaria para desarrollar relaciones empíricas entre estas propiedades en base a ensayos tradicionales, y algunos otros ensayos son demasiado especializados y costosos para evaluar las mezclas.

Teóricamente, se puede conseguir una baja fluidez, baja retracción y un módulo de elasticidad alto con un mayor volumen de agregado, y así mismo una cantidad menor de pasta en el concreto. Esto se logra empleando el mayor tamaño de agregado posible, y un agregado fino con gradación de mediana a gruesa. Usando un tamaño máximo de agregado, como 3/8" (9.5 mm) puede usarse para producir concreto de alta resistencia a la compresión, pero se sacrificarán propiedades como fluidez, contracción por secado y módulo de elasticidad. Si se encuentran dificultades para alcanzar una alta resistencia, no se podrá aumentar ésta simplemente aumentando la cantidad de material cementante. Factores como materiales nocivos en los agregados, estructura de los agregados, caras fracturadas del agregado grueso, forma y textura, y limitantes a los ensayos pueden impedir que se alcance una resistencia alta.

Las proporciones finales de la mezclase determinan mediante mezclas de prueba realizadas en el laboratorio o en pequeñas mezclas en campo. La producción, transporte, colocación y acabado del concreto de alta resistencia puede diferir de forma significativa de los procedimientos empleados con el concreto convencional. Para proyectos de mucha importan-

cia es muy recomendable que se incluya un vaciado (*colado*) de prueba y su evaluación como un pago específico en el contrato. Las reuniones previas a la licitación y a la construcción son muy importantes para asegurar el éxito de los proyectos en los que se emplee concreto de alta resistencia. Durante la construcción se deben tomar medidas extra para protegerlo de la contracción por secado y agrietamiento por temperatura en las secciones delgadas. Se puede requerir mucho tiempo antes de poder descimbrar (*desencofrar*) el concreto de este tipo.

Los cilindros de concreto de alto desempeño deben ser cuidadosamente moldeados, curados, refrentados y ensayados. Es necesario tener precauciones adicionales con el manejo de los especímenes de prueba a muy temprana edad. Se puede experimentar un tiempo prolongado de endurecimiento. Las normas ASTM son revisadas continuamente para considerar precauciones especiales adicionales necesarias para la evaluación de concreto de alta resistencia. Se debe prestar atención especial al tipo de molde, curado, tipo de material de refrentado, y características de capacidad de carga de la máquina de ensayo.

---

## Referencias

1. *State-of-the-Art Report on High Strength Concrete*, ACI 363R, ACI International, Farmington Hills, MI, [www.aci-int.org](http://www.aci-int.org).
  2. *Guide to Quality Control and Testing of High Strength Concrete*, ACI 363.2R, ACI International Farmington Hills, MI.
  3. *Creating a balanced mix design for high strength concrete*, Bryce Simons, The Concrete Producer, October 1995, [www.worldofconcrete.com](http://www.worldofconcrete.com).
  4. *Getting Started with High-strength Concrete*, Ron Burg, The Concrete Producer, November 1993.
  5. *Effects of Testing Variables on the Measured Compressive Strength of High Strength (90 MPa) Concrete*, Nick J. Carino, et al., NISTIR 5405, October 1994, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, [www.nist.gov](http://www.nist.gov).
  6. *10,000 psi Concrete*, James E. Cook, ACI Concrete International, October 1989, ACI International, Farmington Hills, MI.
- 



# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 34 - Preparación de los Cilindros de Concreto en Campo

### ¿CÚALES son los cilindros de ensayo del concreto?

Normalmente, se mide la resistencia a la compresión para garantizar que el concreto (*hormigón*) despachado a determinado proyecto cumple con los requerimientos especificados y con el control de calidad. Para la realización del ensayo a compresión del concreto, se moldean especímenes cilíndricos de ensayo de 4" X 8" (100 X 200 mm) o de 6" X 12" (150 x 300 mm), luego se almacenan en campo hasta que el concreto endurezca, de acuerdo con los requerimientos del ASTM C 31, *Prácticas normalizadas para elaborar y curar especímenes de concreto en campo*.

La mayoría de las especificaciones requiere que técnicos certificados por el ACI (*Field Testing Certification Grade I*), o un programa equivalente preparen los especímenes en campo. Cuando se elaboran cilindros para la aceptación del concreto, el técnico que se encuentra en campo debe ensayar otras propiedades del concreto fresco como temperatura, asentamiento (*revenimiento*), densidad (peso unitario), y contenido de aire. Esta información debe existir, acompañando al grupo de cilindros, hechos para un vaciado (*colado*) o colocación particular. Un resultado de un ensayo de resistencia es siempre el promedio de al menos dos especímenes ensayados a la misma edad. Un juego de 2 a 6 cilindros puede realizarse a partir de la misma muestra de concreto, como mínimo cada 150 yd<sup>3</sup> (115 m<sup>3</sup>) de concreto colocado.

### ¿POR QUÉ preparar cilindros de concreto para ensayo?

De acuerdo a la ASTM C 31, los resultados de cilindros curados normalmente se usan para:

- Ensayo de aceptación para una resistencia especificada.
- Verificar las proporciones de mezcla para una resistencia especificada.
- Ejercer control de calidad del productor de concreto.

Es muy importante que los cilindros sean preparados y curados siguiendo los procedimientos normalizados. Cualquier desviación de dichos procedimientos resultará en una menor resistencia medida. Los resultados de resistencia bajos debidos a procedimientos que no concuerdan con las normas causan una preocupación injustificada, costos y demoras al proyecto.

Los resultados de resistencia de los cilindros curados en campo se emplean para:

- Determinar el tiempo en el cual la estructura se puede poner en servicio.
- Evaluar la suficiencia del curado y la protección del concreto en la estructura.
- Programar la remoción de formaletas (*cimbras*) y apuntalamientos.



### Preparación y Curado de Cilindros de Concreto en Campo

Los requerimientos para el curado en campo de cilindros difieren de los de curado estándar, y no deben confundirse. Ver ASTM C 31 para detalles de curado de especímenes en campo.

### ¿CÓMO preparar y curar cilindros?

Equipo necesario en obra:

- Moldes para formar los especímenes. Los de plástico son los mas comunes.
- Varilla apisonadora con punta redondeada de 5/8" (15 mm) de diámetro para cilindros de 6" X 12" o de 3/8" de diámetro para cilindros de 4" X 8", o un vibrador.
- Mazo de caucho de 1.25 +/- 0.50 lb (0.6 +/- 0.2 kg)
- Pala, llana de madera, espátula o palustre y cuchara
- Carretilla u otro contenedor apropiado
- Tanque de agua o cuarto de curado con suficiente provisión para mantener el ambiente de curado necesario durante el período inicial.

- Equipo de seguridad apropiado para el manejo de la mezcla concreto en estado plástico.

#### Toma de muestras de un camión mezclador listo para descargar:

Es muy importante obtener una muestra de concreto que sea representativa respecto a toda la mezcla. El muestreo debe llevarse a cabo según la ASTM C 172, *Prácticas normalizadas para el muestreo de concreto recién mezclado*. La muestra debe tomarse de la mitad de la carga. La primera o última parte de la descarga no provee una muestra representativa. El concreto debe muestrearse desviando el canalón a una carretilla de forma que se recoja toda el área de flujo. Se requiere al menos dos tomas durante la descarga para obtener una muestra compuesta. El tiempo transcurrido entre la primera y la última toma que componen una muestra no debe ser mayor a 15 minutos. El tamaño mínimo requerido de muestra es 1 ft<sup>3</sup> (28 l)

#### Antes de moldear los cilindros:

Cubra la muestra con plástico para proteger el concreto de la evaporación, la luz solar y la contaminación. Lleve la muestra al sitio donde se vayan a realizar los ensayos al concreto en estado plástico. Este sitio debe ser cercano al lugar donde se almacenarán intactos los cilindros durante el periodo de curado inicial. Luego de transportar la muestra al sitio de preparación de los cilindros, remezcle la muestra dentro de la carretilla. Comience el ensayo de asentamiento, peso unitario, y contenido de aire en los primeros 5 minutos y comience a llenar los moldes de los cilindros dentro de los 15 minutos siguientes a la obtención de la muestra.

#### Moldeado de los cilindros de prueba:

- Marque apropiadamente el exterior del molde. No marque la tapa o la superficie.
- Coloque los moldes cilíndricos en una superficie nivelada.
- Determine el método de compactación
  1. Para concreto con asentamiento (*reventamiento*) menor a 1" (25 mm), se debe emplear vibrado.
  2. Para concreto con asentamiento de 1" (25 mm) o mayor, se permite tanto apisonamiento como vibración.
- Determine el número de capas que se colocarán en el molde.
  1. Para concreto compactado con varilla apisonadora, llene el molde en tres capas iguales para cilindros de 6" X 12", y en dos capas iguales para cilindros de 4" X 8".
  2. Para concreto compactado con vibrador llene el molde en dos capas iguales.
- Coloque el concreto en el molde distribuyéndolo en el interior del molde con la cuchara. Compacte la capa apisonando 25 veces uniformemente distribuidas en la capa. Cuando se emplee vibrador, introdúzcalo lo suficiente hasta que la superficie se empareje y se detenga la aparición de burbujas grandes de aire en la superficie. Se requieren dos inserciones para cilindros de 6" X 12" y una sola para cilindros de 4" X 8". Evite el vibrado excesivo.
- Golpee los lados del molde de 10 a 15 veces con el mazo de caucho luego de colocar cada capa para cerrar los vacíos dejados por la varilla o el vibrador.
- Enrase la superficie con la espátula o el palustre para obtener una superficie lisa y nivelada, y cubra los especímenes con una

tapa o bolsa plástica.

#### Almacenamiento y transporte de los cilindros:

- Mueva los moldes de los cilindros en estado fresco de forma cuidadosa sosteniéndolos por el fondo.
- Coloque los cilindros en una superficie plana y en condiciones controladas, con una temperatura que oscile entre 60° y 80°F (16 a 27°C). Cuando la resistencia especificada del concreto es mayor de 6000 psi (40 MPa), la temperatura inicial de curado debe mantenerse entre 68 y 78°F (20 a 26°C). Sumergir totalmente los cilindros en agua es un procedimiento preferible, ya que garantiza resultados de resistencia más confiables. La temperatura de almacenamiento, como en los cuartos de curado, debe ser controlada empleando dispositivos de calentamiento o enfriamiento si es necesario. Las temperaturas máxima y mínima durante el periodo de curado inicial deben ser registradas y reportadas.
- Proteja los cilindros de la luz directa del sol o de fuentes de calor, y de temperaturas de congelación durante el invierno.
- Los cilindros deben transportarse al laboratorio dentro de las primeras 48 horas después de preparados. Algunas mezclas de concreto pueden demorar un poco más en endurecer, por lo cual se deberán transportar después. En cualquier caso, los cilindros no deben moverse o ser transportados hasta que cumplan al menos 8 horas después del fraguado final.

Almacene los cilindros para prevenir su daño y mantenga las condiciones de humedad durante su traslado. El tiempo de viaje de la obra al laboratorio no debe superar las 4 horas.

#### PRECAUCIÓN

El concreto en estado fresco puede causar quemaduras químicas severas al entrar en contacto con los ojos o la piel, manténgalo fuera del alcance de la piel. Cuando trabaje con concreto emplee botas con suela de caucho, guantes, lentes de seguridad y ropa de trabajo. No permita el roce o el ingreso del concreto o de otros productos derivados del cemento con la piel. Lave la piel rápidamente con agua limpia en caso de tener contacto con concreto fresco. Si entra en contacto con los ojos lávelos con agua inmediata y repetidamente. Consulte a su doctor de inmediato. Mantenga los niños alejados de las mezclas de concreto fresco.

#### Referencias

1. Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.02 Concrete and Aggregates, ASTM, West Conshohocken, PA, [www.astm.org](http://www.astm.org)
  - ASTM C 31, Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
  - ASTM C 39, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
  - ASTM C 172, Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete
  - ASTM C 617, Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
2. *How Producers can Correct Improper Test-Cylinder Curing*, Ward R. Malisch, The Concrete Producer, Nov 1997, pp. 782 – 805, [www.worldofconcrete.com](http://www.worldofconcrete.com)
3. *NRMCA/ASCC Checklist for Concrete Pre-Construction Conference*, NRMCA, Silver Spring, MD, [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org)

#### Siga estas reglas para preparar y curar especímenes estandarizados de concreto

1. Obtenga una mezcla representativa.
2. Coloque el concreto en capas dentro de los moldes y compacte usando equipos y procedimientos normalizados.
3. De un acabado liso a la superficie y cubra el cilindro con una tapa o bolsa plástica.
4. Durante el curado inicial, almacene los cilindros en el rango de temperatura requerido. Protéjalos de la radiación directa del sol o de climas extremos.
5. Traslade los cilindros al laboratorio con la protección adecuada dentro de las primeras 48 horas de su fabricación.



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# Hormigón El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 35 - Prueba de Resistencia a la Compresión del Concreto

### ¿QUÉ es la Resistencia a la Compresión del Concreto?

Las mezclas de concreto (Hormigón) se pueden diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura. La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades corrientes utilizadas en EEUU o en megapascales (MPa) en unidades SI. Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 2.500 psi (17 MPa) para concreto residencial hasta 4.000 psi (28 MPa) y más para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 10.000 psi (70 MPa) y más.

### ¿POR QUÉ se determina la Resistencia a la Compresión?

- Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada,  $f'_c$ , en la especificación del trabajo.
- Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros fundidos se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras para programar las operaciones de construcción, tales como remoción de formaletas (cimbras) o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura. Los cilindros sometidos a ensayo de aceptación y control de calidad se elaboran y curan siguiendo los procedimientos descritos en probetas curadas de manera estándar según la norma ASTM C31 Práctica Estándar para Elaborar y Curar Probetas de Ensayo de Concreto en Campo. Para estimar la resistencia del concreto in situ, la norma ASTM C31 formula procedimientos para las pruebas de curado en campo. Las probetas cilíndricas se someten a ensayo de acuerdo a ASTM C39, Método Estándar de Prueba de Resistencia a la Compresión de Probetas Cilíndricas de Concreto.
- Un resultado de prueba es el promedio de por lo menos 2 pruebas de resistencia curadas de manera estándar o convencional elaboradas con la misma muestra de concreto y sometidas a ensayo a la misma edad. En la mayoría de los casos, los requerimientos de resistencia para el concreto se realizan a la edad de 28 días.
- Al diseñar una estructura, los ingenieros se valen de la resistencia especificada,  $f'_c$ , y especifican el concreto que cumpla con el



requerimiento de resistencia estipulado en los documentos del contrato del trabajo. La mezcla de concreto se diseña para producir una resistencia promedio superior a la resistencia especificada de manera tal que se pueda minimizar el riesgo de no cumplir la especificación de resistencia. Para cumplir con los requerimientos de resistencia de una especificación de trabajo, se aplican los siguientes 2 criterios de aceptación:

1. El promedio de 3 ensayos consecutivos es igual o supera a la resistencia especificada,  $f'_c$
2. Ninguno de los ensayos de resistencia deberá arrojar un resultado inferior a  $f'_c$  en más de 500 psi (3.45 MPa); ni ser superior en más de  $0.10 f'_c$  cuando  $f'_c$  sea mayor de 5.000 psi (35 MPa).
  - Resulta importante comprender que una prueba individual que caiga por debajo de  $f'_c$  no necesariamente constituye un fracaso en el cumplimiento de los requerimientos del trabajo. Cuando el promedio de las pruebas de resistencia de un trabajo caiga dentro de la resistencia promedio exigida,  $f'_{cr}$ , la probabilidad de que las pruebas de resistencia individual sean inferiores a la resistencia especificada es de aprox. 10% y ello se tiene en cuenta en los criterios de aceptación.
  - Cuando los resultados de las pruebas de resistencia indican que el concreto suministrado no cumple con los requerimientos de la especificación, es importante reconocer que la falla puede radicar en las pruebas, y no en el concreto. Ello es particularmente cierto si la fabricación, manejo, curado y pruebas de los cilindros no se realizan en conformidad con los procedimientos estándar. Véase CIP 9, Baja Resistencia de Cilindros de Concreto.
  - Los registros históricos de las pruebas de resistencia se utilizan para establecer la resistencia promedio deseada de mezcla de concretos para obras futuras.

## ¿CÓMO Realizar la Prueba de Resistencia del Concreto?

- Las probetas cilíndricas para pruebas de aceptación deben tener un tamaño de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm) ó 4 x 8 pulgadas 100 x 200 mm), cuando así se especifique. Las probetas más pequeñas tienden a ser más fáciles de elaborar y manipular en campo y en laboratorio. El diámetro del cilindro utilizado debe ser como mínimo 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se emplee en el concreto.
- El registro de la masa de la probeta antes de colocarles tapa constituye una valiosa información en caso de desacuerdos.
- Con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga, generalmente los cilindros se tapan (refrentan) con mortero de azufre (ASTM C 617) o con tapas de almohadillas de neopreno (ASTM C 1231). Las cubiertas de azufre se deben aplicar como mínimo 2 horas antes y preferiblemente 1 día antes de la prueba. Las cubiertas de almohadilla de neopreno se pueden utilizar para medir las resistencias del concreto entre 1.500 y 7.000 psi (10 a 50 MPa). Para resistencias mayores de hasta 12.000 psi, se permite el uso de las tapas de almohadillas de neopreno siempre y cuando hayan sido calificadas por pruebas con cilindros compañeros con tapas de azufre. Los requerimientos de dureza en durómetro para las almohadillas de neopreno varían desde 50 a 70 dependiendo del nivel de resistencia sometido a ensayo. Las almohadillas se deben sustituir si presentan desgaste excesivo.
- No se debe permitir que los cilindros se sequen antes de la prueba.
- El diámetro del cilindro se debe medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí a media altura de la probeta y deben promediarse para calcular el área de la sección. Si los dos diámetros medidos difieren en más del 2%, no se debe someter a prueba el cilindro.
- Los extremos de las probetas no deben presentar desviación con respecto a la perpendicularidad del eje del cilindro en más 0.5% y los extremos deben hallarse planos dentro de un margen de 0.002 pulgadas (0.05 mm).
- Los cilindros se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura. El régimen de carga con máquina hidráulica se debe mantener en un rango de 20 a 50 psi/s (0.15 a 0.35 MPa/s) durante la última mitad de la fase de carga. Se debe anotar el tipo de ruptura. La fractura cónica es un patrón común de ruptura.
- La resistencia del concreto se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir la fractura por ( $\div$ ) el área promedio de la sección. C 39 presenta los factores de corrección en caso de que la razón longitud-diámetro del cilindro se halle entre 1.75 y 1.00, lo cual es poco común. Se someten a prueba por lo menos 2 cilindros de la misma edad y se reporta la resistencia promedio como el resultado de la prueba, al intervalo más próximo de 10 psi (0.1 MPa).
- El técnico que efectúe la prueba debe anotar la fecha en que se recibieron las probetas en el laboratorio, la fecha de la prueba, la identificación de la probeta, el diámetro del cilindro, la edad de los cilindros de prueba, la máxima carga aplicada, el tipo de fractura, y todo defecto que presenten los cilindros o sus tapas. Si se miden, la masa de los cilindros también deberá quedar registrada.
- La mayoría de las desviaciones con respecto a los procedimientos estándar para elaborar, curar y realizar el ensayo de las probetas de concreto resultan en una menor resistencia medida.
- El rango entre los cilindros compañeros del mismo conjunto y probados a la misma edad deberá ser en promedio de aprox. 2 a 3% de la resistencia promedio. Si la diferencia entre los dos cilindros compañeros sobrepasa con demasiada frecuencia el 8%, o el 9.5% para 3 cilindros compañeros, se deberán evaluar y rectificar los procedimientos de ensayo en el laboratorio.

- Los resultados de las pruebas realizadas en diferentes laboratorios para la misma muestra de concreto no deberán diferir en más de 13% aproximadamente del promedio de los 2 resultados de las pruebas.
- Si 1 ó 2 de los conjuntos de cilindros se fracturan a una resistencia menor a  $f'c$ , evalúe si los cilindros presentan problemas obvios y retenga los cilindros sometidos a ensayo para examinarlos posteriormente. A menudo, la causa de una prueba malograda puede verse fácilmente en el cilindro, bien inmediatamente o mediante examen petrográfico. Si se desechan o botan estos cilindros, se puede perder una oportunidad fácil de corregir el problema. En algunos casos, se elaboran cilindros adicionales de reserva y se pueden probar si un cilindro de un conjunto se fractura a una resistencia menor.
- Una prueba a los 3 ó 7 días puede ayudar a detectar problemas potenciales relacionados con la calidad del concreto o con los procedimientos de las pruebas en el laboratorio pero no constituye el criterio para rechazar el concreto.
- La norma ASTM C 1077 exige que los técnicos del laboratorio que participan en el ensayo del concreto deben ser certificados.
- Los informes o reportes sobre las pruebas de resistencia a la compresión son una fuente valiosa de información para el equipo del proyecto para el proyecto actual o para proyectos futuros. Los reportes se deben remitir lo más prontamente posible al productor del concreto, al contratista y al representante del propietario.

### Referencias

1. ASTM C 31, C 39, C 617, C 1077, C 1231, Annual Book of ASTM Standards [Libro Anual de Normas ASTM], Vol 04.02, ASTM, West Conshohocken, PA, [www.astm.org](http://www.astm.org)
2. Concrete in Practice Series [Serie Concreto en la Práctica], NRMCA, Silver Spring, Maryland [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org)
3. In-Place Strength Evaluation – A Recommended Practice [Evaluación de la Resistencia in situ – Práctica Recomendada], NRMCA Publication 133, NRMCA RES Committee, NRMCA, Silver Spring, MD
4. How producers can correct improper test-cylinder curing [Cómo pueden corregir los productores el mal curado de cilindros de prueba], Ward R. Malisch, Concrete Producer Magazine, November 1997, [www.worldofconcrete.com](http://www.worldofconcrete.com)
5. NRMCA/ASCC Checklist for Concrete Pre-Construction Conference [Lista de Control para la Conferencia de Pre-Construcción de Concreto], NRMCA, Silver Spring, Maryland.
6. Review of Variables That Influence Measured Concrete Compressive Strength [Revisión de Variables que Influyen en la Resistencia Medida del Concreto a la Compresión], David N. Richardson, NRMCA Publication 179, NRMCA, Silver Spring, MD.
7. Tips on Control Tests for Quality Concrete [Consejos sobre Pruebas de Control para el Concreto de Calidad], PA015, Portland Cement Association, Skokie, IL, [www.cement.org](http://www.cement.org)
8. ACI 214, Recommended Practice for Evaluation of Strength Tests Results of Concrete [Práctica Recomendada para la Evaluación de los Resultados de las Pruebas de Resistencia], American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, [www.concrete.org](http://www.concrete.org)



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP - 36 Concreto Estructural de Peso Liviano

### ¿QUÉ es el concreto estructural liviano?

El concreto (*hormigón*) estructural de peso liviano posee una densidad in situ (*peso unitario*) en el orden de 90 a 115 lb/pie<sup>3</sup> (1440 a 1840 kg/m<sup>3</sup>) en comparación con el concreto de peso normal que presenta una densidad en el rango de 140 a 150 lb/pie<sup>3</sup> (2240 a 2400 kg/m<sup>3</sup>). Para aplicaciones estructurales, la resistencia del concreto deberá ser superior a 2500 psi (17.0 MPa). La mezcla de concreto se elabora con un agregado grueso de peso liviano. En algunos casos, una porción o la totalidad del agregado fino puede ser un producto de peso liviano. Los agregados livianos que se utilizan en el concreto estructural liviano son típicamente materiales expandidos de esquisto, arcilla o pizarra que se han expuesto al fuego en un horno rotativo de calcinado para que desarrollen una estructura porosa. También se utilizan otros productos como escoria preparada en horno de fundición (*alto horno*). Existen otras clases de concretos no estructurales de peso liviano con menor densidad producidos con otros materiales de agregados y con mayores vacíos de aire en la matriz de pasta de cemento, tales como el concreto celular, los cuales se utilizan típicamente por sus propiedades de aislamiento. El presente CIP se enfoca en el concreto estructural de peso liviano.

### ¿POR QUÉ utilizar el concreto estructural liviano?

El uso fundamental del concreto estructural de peso liviano busca reducir la carga muerta de una estructura de concreto, lo que permite a su vez que el diseñador estructural reduzca el tamaño de columnas, zapatas y otros elementos de soporte de cargas (*cimentación*). Las mezclas del concreto de peso liviano se pueden diseñar para lograr resistencias similares a las que ofrece el concreto de peso normal y proporcionan un coeficiente de resistencia-peso más eficiente en elementos estructurales. Esto mismo es válido para otros requerimientos de desempeño mecánico y de durabilidad. En la mayoría de los casos, el mayor costo marginal del concreto de peso liviano se ve compensado por la reducción en el tamaño de los elementos estructurales, la menor cantidad de acero de refuerzo y el menor volumen de concreto, todo lo cual reduce el costo global.

En edificios, el concreto estructural liviano proporciona una estructura de concreto con mayor calificación de resistencia al fuego. El concreto estructural liviano también se ve beneficiado en los aspectos de conservación de energía ya que presenta va-



Aspersión (*humedecimiento*) de los agregados en su sitio de almacenamiento

lores más altos 'R' de los elementos de muros, lo que significa mejores propiedades de aislamiento. La porosidad del agregado liviano proporciona una fuente de agua para el curado interno del concreto que permite el aumento continuo de la resistencia del concreto y de su durabilidad, sin por ello excluir la necesidad de curado externo.

El concreto estructural liviano se ha utilizado para cubierta de puentes, pilares y vigas, losas y elementos de muros en edificios de acero y de estructuras de acero, estructuras para parqueo, muros de inclinación hacia arriba, losas de cubierta y losas compuestas en cubiertas metálicas.

### ¿CÓMO se utiliza el concreto estructural liviano?

El concreto liviano se puede producir mediante la combinación de agregado liviano grueso y fino o combinando agregado grueso de peso liviano con agregado fino de peso normal. La sustitución total de agregado fino de peso normal por agregado de peso liviano reduce la densidad del concreto en aproximadamente 10lb/pie<sup>3</sup> (160 kg/m<sup>3</sup>).

Los diseñadores reconocen que, en general, el concreto estructural liviano no sirve en un ambiente de secado al horno; por lo tanto, generalmente, el diseño estructural se basa en la densidad *de equilibrio* (a la que se denomina en ocasiones densidad *de secado al aire*). La condición en la que existe cierto grado de humedad en el concreto liviano. La densidad de equilibrio es un valor estandarizado que tiene la finalidad de representar la densidad aproximada del concreto in-situ una vez se haya en servicio. Las especificaciones del proyecto deben indicar la densidad de equilibrio requerida del concreto liviano. La densidad de equilibrio se define en la norma ASTM C 567, y

se puede calcular a partir de las proporciones de la mezcla de concreto. La aceptación de campo se basa en la densidad medida del concreto fresco de acuerdo con la norma ASTM C 138. La densidad de equilibrio será de aproximadamente 3 a 8 lb/pie<sup>3</sup> (50 a 130 kg/m<sup>3</sup>) menor a la densidad del concreto fresco y, por lo tanto, se deberá establecer una correlación con anterioridad al suministro del concreto. La tolerancia para la aceptación de la densidad en fresco es típicamente de  $\pm 3\text{lb/pie}^3$  ( $\pm 50\text{ kg/m}^3$ ) con respecto al valor que se desea.

Los agregados livianos tienen que cumplir los requerimientos de la Especificación ASTM C330. Debido a la naturaleza celular de las partículas del agregado liviano, la absorción típicamente se haya en el rango de 5% a 20% por peso de agregado seco. Generalmente, los agregados livianos requieren ser humedecidos antes de usarse a fin de lograr un alto grado de saturación. No todos los productores de concreto tienen la capacidad de pre-humedecer los agregados livianos en clima frío si no disponen de almacenamiento a temperatura controlada. Algunos proveedores de agregados livianos proveen de agregado saturado al vacío.

A excepción de los puentes y estructuras marinas, típicamente, las especificaciones para concreto estructural liviano no tienen un requerimiento con respecto al coeficiente máximo agua/materiales cementantes (a/c). El coeficiente a/c [agua/cementante] del concreto estructural liviano no se puede determinar con precisión debido a la dificultad de determinar la absorción de agregado liviano.

El contenido de aire del concreto estructural liviano necesariamente tiene que ser vigilado estrechamente a fin de garantizar que los requerimientos de densidad se estén cumpliendo. La prueba de contenido de aire se deberá realizar siguiendo el método volumétrico, según la norma ASTM C 173, o calculado mediante la aplicación del método gravimétrico que se describe en ASTM C 138. Prácticamente todos los concretos livianos tienen aire atrapado.

El acabado del concreto liviano exige adecuada atención al detalle. Excesivas cantidades de agua o excesivo asentamiento hacen que el agregado liviano se segregue del mortero. Generalmente, un buen acabado se logra mediante la aplicación de allanadora (*alisadora*). Si la superficie de un piso interior debe recibir un acabado duro con palustre, proceda con las debidas

precauciones a fin de minimizar la formación de ampollas o deslaminaciones. Véase los CIP 13 y 20 sobre las discusiones sobre ampollas y delaminaciones, respectivamente.

Debido al mayor contenido de humedad total del concreto liviano, típicamente, se requiere más tiempo para secarse a niveles considerados normales para la aplicación de materiales de recubrimiento de pisos, en comparación con el concreto de peso normal.

Dentro de los criterios de diseño estructural, se utiliza la resistencia a la tracción para el resquebrajamiento del concreto liviano. El ingeniero de diseño puede solicitar información a una fuente particular de agregado liviano antes de realizar su diseño. La resistencia a la tracción para el resquebrajamiento correspondiente a la resistencia a la compresión especificada se determina en las evaluaciones de laboratorio. La prueba de la resistencia a la tracción hasta el resquebrajamiento no se utiliza como base para la aceptación de campo del concreto.

Asegúrese de que los requerimientos del diseñador relacionados con la resistencia al fuego o a las propiedades de aislamiento de los elementos constitutivos de la construcción cumplen con las normas aplicables de la industria. Para un proyecto fructífero, el proveedor debe poner a disposición la información sobre el agregado liviano, lo mismo que debe hacer el productor del concreto mezclado listo para utilizar. Mediante la planeación adecuada, el concreto estructural liviano puede ser una solución económica a muchas de las aplicaciones de ingeniería.

## Referencias

1. *Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete*, ACI 213R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, [www.concrete.org](http://www.concrete.org).
2. *Guide for Determining the Fire Endurance of Concrete Elements*, ACI 216R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI
3. ASTM C 94, C 138, C 173, C 330 and C 567, *Annual Book of ASTM Standards*, Volume 04.02, ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org](http://www.astm.org).
4. *Lightweight Concrete and Aggregates*, Tom Holm, ASTM 169C, Chapter 48, ASTM International, West Conshohocken, PA
5. *Pumping Structural Lightweight Concrete*, Info Sheet #4770.1, Expanded Shale Clay and Slate Institute, Salt Lake City, Utah, [www.escsi.org](http://www.escsi.org)

## Directrices para bombeo

Para colocar el concreto liviano se emplean a menudo equipos de bombeo, lo cual se puede realizar exitosamente si se tienen en cuenta varias precauciones antes de la colocación real.

1. El agregado debe pre-humedecerse adecuadamente ya que la presión durante el bombeo llevará el agua hacia el interior del agregado y provocará la pérdida de asentamiento (*revenimiento*), lo cual puede generar el atascamiento de la línea de la bomba además de dificultades en la colocación y acabado (*terminado*) del concreto.
2. Las líneas del equipo de bombeo deberán ser del mayor tamaño posible, preferiblemente de 5 pulgadas (125 mm) de diámetro, con un mínimo de codos, reductores o secciones de manguera de caucho.
3. Se debe aplicar la mínima presión práctica.
4. La ubicación de la bomba deberá ser tal que se minimice la caída vertical del concreto.
5. Puede requerirse ajustes a las características de la mezcla, como el asentamiento (*revenimiento*), el contenido de agregado y el contenido de aire a fin de garantizar la bombeabilidad adecuada para las condiciones específicas del trabajo.
6. Tome una decisión respecto sobre en qué lugar se tomarán las muestras para las pruebas de aceptación y cuáles deben ser las implicaciones que tal decisión tendrá sobre las proporciones de la mezcla del concreto y sobre sus propiedades al ser entregado en el emplazamiento de la obra.



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# Hormigon El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 37 - Concreto Autocompactante (CAC)

### ¿QUE es el concreto autocompactante?

El concreto autocompactante (CAC), conocido también como concreto autoconsolidante, es un concreto altamente fluido sin segregación, que puede ser extendido en el sitio, llenando la formaleta y encapsulando el refuerzo, sin ningún tipo de consolidación mecánica. La fluidez del concreto autocompactante (CAC) es medida en términos de colocación cuando se utiliza la versión modificada del ensayo de asentamiento (ASTM C 143). La extensión (flujo de asentamiento) del CAC varía en un rango típico de 18 a 32 pulgadas (455 a 810 mm) dependiendo de los requerimientos del proyecto. La viscosidad, como se observa visualmente por el rango en que se extiende el concreto, es una de las características importantes del CAC en estado plástico y puede ser controlada cuando se diseña una mezcla que satisfaga el tipo de aplicación que se va a construir.

### ¿POR QUE utilizar el CAC?

Algunas de las ventajas del uso del CAC son:

1. Puede colocarse rápidamente sin vibración mecánica y con menos allanado, resultando en ahorros de costos de colocación.
2. Mejora la uniformidad en acabados de superficies arquitectónicas, reduciendo los trabajos de reparación superficial.
3. Fácil llenado de secciones restringidas y áreas de difícil acceso. Oportunidad para crear formas estructurales y arquitectónicas y acabados superficiales que no se podrían lograr con concretos convencionales.
4. Mejora la consolidación alrededor del refuerzo y adherencia con el refuerzo.
5. Mejora la bombeabilidad.
6. Mejora la uniformidad del concreto colocado en el sitio, eliminando la variable del esfuerzo del operario en la consolidación.
7. Ahorros en mano de obra.
8. Menores tiempos de construcción, resultando en ahorro en costos.
9. Menores ciclos de los camiones mezcladores permitiendo al productor servir al proyecto de manera más eficiente.
10. Reduce o elimina el ruido potencial del vibrado incrementando las horas de construcción en zonas urbanas.
11. Minimiza el movimiento de camiones mezcladores y bombas durante la colocación.
12. Incrementa la seguridad en el trabajo, eliminando la necesidad de consolidación.

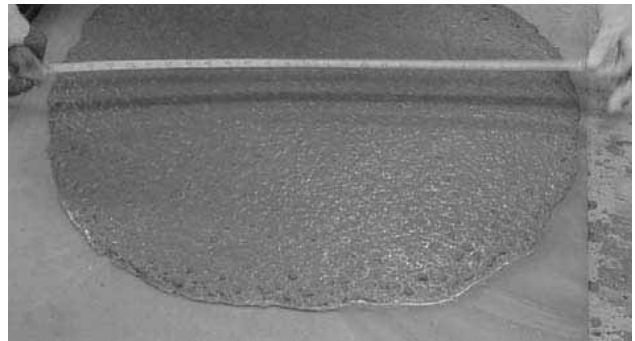


Figura 1: CAC con un asentamiento de 29 pulgadas (725 mm) ensayado con el flujo de asentamiento.

### ¿CÓMO se logra el CAC?

Dos importantes propiedades específicas del CAC en estado plástico son la fluidez y la estabilidad. La alta fluidez del CAC se logra con el uso de aditivos reductores de agua de alto rango (HRWR por sus siglas en inglés) y no con la adición de agua extra de mezclado. La estabilidad o resistencia a la segregación de la mezcla de concreto en estado plástico se obtiene mediante el incremento de la cantidad total de finos en el concreto y/o mediante la utilización de aditivos que modifican la viscosidad de la mezcla. Se puede lograr un incremento en el contenido de finos, incrementando el contenido de materiales cementicios o por la incorporación de finos minerales. Los aditivos que afectan la viscosidad del concreto son especialmente útiles cuando la gradación de las fuentes de agregados disponibles no se pueden optimizar para mezclas cohesivas o con grandes variaciones en la fuente. Una buena gradación de agregados le ayuda al CAC a reducir el contenido de materiales cementicios y/o la reducción de dosificación de aditivos. Mientras que mezclas de CAC han sido producidas satisfactoriamente con agregados de 1 ½ pulgadas (38 mm), es fácil diseñar y controlar con agregados de tamaños menores. También es crítico controlar el contenido de humedad de los agregados para producir una buena mezcla. Las mezclas de CAC típicamente tienen un alto volumen de pasta, menos agregado grueso y una alta relación arena-agregado grueso, comparada con una típica mezcla de concreto.

La retención de fluidez del CAC en el sitio de descarga de la obra es un aspecto muy importante. Altas temperaturas, largas distancias de acarreo y demoras en el sitio de la obra puede resultar en la

reducción de la fluidez, reduciendo así los beneficios en el uso del CAC. La adición de agua al CAC en el sitio de trabajo no siempre puede cumplir las expectativas de incrementar la fluidez y podría causar problemas de estabilidad.

Puede que no sea posible cargar los camiones mezcladores a su capacidad total con CAC de alta fluidez, debido a potenciales derrames. En estos casos, es prudente transportar el CAC con una baja fluidez y ajustar la mezcla con aditivos reductores de agua de alto rango (HRWR por sus siglas en inglés) en el sitio de la obra. Se debe tener cuidado en mantener la estabilidad de la mezcla y minimizar bloqueos durante el bombeo y colocación del CAC en espacios restringidos. Las formaletas deben ser diseñadas para resistir la presión del fluido de concreto y para soportar la mayor cabeza de presión. El CAC debe poder colocarse en elementos altos y esbeltos. Una vez que el concreto es colocado, no debe presentar segregación, exudación o asentamiento.

La mezcla de CAC se puede diseñar para proporcionar las propiedades requeridas en el concreto endurecido para una aplicación, de manera similar al concreto convencional. Si la mezcla de CAC se diseña con un alto contenido de pasta o de finos, comparada con el concreto convencional, se puede presentar un incremento en la contracción.

### ¿CÓMO se ensaya el CAC?

Se han utilizado con éxito algunos procedimientos de ensayo para medir las propiedades plásticas del CAC. El ensayo de flujo de asentamiento (ver figura 1), utilizando el tradicional cono de asentamiento, es el ensayo de campo más común y se encuentra en proceso de normalización en la ASTM. El cono de asentamiento se llena completamente sin consolidación, luego se levanta y se mide el desplazamiento del concreto. El desplazamiento puede variar de 18 a 32 pulgadas (455 a 810 mm). La resistencia a la segregación se observa a través del índice de estabilidad visual (VSI por sus siglas en inglés). El VSI se establece si se observa agua de sangrado en el borde del concreto extendido o si los agregados se amontonan en el centro. El valor del VSI varía de 0 para "altamente estable" a 3 para una estabilidad inaceptable.

Durante el ensayo de flujo de asentamiento se puede estimar la viscosidad de la mezcla de CAC mediante la medición del tiempo que toma el concreto para extenderse hasta un diámetro de 20 pulgadas (500 mm) desde el momento en que se levanta el cono. Esto se llama la medida del T20 (T50) y típicamente varía entre 2 y 10 segundos para el CAC. Un valor alto del T20 (T50) indica una mezcla de mayor viscosidad la cual es más apropiada para aplicar concretos con congestión de refuerzo o en secciones profundas. Un valor bajo del T20 (T50) puede ser apropiado para concretos que tienen que desplazarse largas distancias horizontales sin mucha obstrucción.

Los ensayos de Caja en U (U-Box) y Caja en L (L-Box) son utilizados para el desarrollo o precalificación de productos y consiste en llenar con concreto uno de los lados de la caja para luego abrir la tapa y permitir que el concreto fluya a través del espacio que tiene unas barras. El ensayo de anillo J (J-ring) es una variación del ensayo de asentamiento, donde se coloca una jaula de barras alrededor del cono de asentamiento y se mide la habilidad de la mezcla de

CAC para desplazarse a través de las barras sin segregación. Los ensayos de Caja en U, Caja en L y anillo J miden la habilidad del concreto para pasar por refuerzos congestionados. Otro ensayo que se está normalizando es una columna de ensayo con medidas del contenido de agregado grueso del concreto colocado a diferentes alturas en un elemento en forma de columna, como un indicativo de la estabilidad o resistencia a la segregación

### ¿CÓMO se especifica y se pide el CAC?

Cuando se ordena y/o se especifica el CAC, se deben tener en cuenta algunas consideraciones en el uso final del concreto. El productor de concreto premezclado tiene que desarrollar un diseño de mezcla basado en el desempeño y la aplicación. El desplazamiento (asentamiento) se basa en el tipo de construcción, el método seleccionado de colocación, la complejidad de las formas de la formaleta y la configuración del refuerzo. El comité ACI 237 está completando un documento guía que proporcionará lineamientos para seleccionar el asentamiento apropiado para diversas condiciones. Cuando se requiere un asentamiento bajo para ciertas condiciones de trabajo, debe ser especificado. Esto permitirá obtener un CAC de manera fácil con los requerimientos de estabilidad y al menor costo posible. Las propiedades del concreto endurecido deben ser especificadas por el diseñador basadas en los requerimientos estructurales y de servicio de la estructura. En su gran mayoría, las propiedades del concreto endurecido del CAC son similares a las mezclas de concreto convencionales. Basado en los requerimientos de cada proyecto, los diseños de CAC solo pueden entregarse al productor después de que las especificaciones relativas al desempeño del concreto en estado fresco y endurecido estén claramente definidas.

### Referencias

1. Emerging technology Series on Self-Consolidating Concrete (under development), ACI 237, ACI International, Farmington Hills, MI, <http://www.concrete.org>
2. Proceedings of the Internacional Workshop on Self-Compacting Concrete, Kochi, Japan, August 1998.
3. Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete, EFNARC (European Federation of National Trade Association), Surrey, UK, February 2002, <http://www.efnarc.org/>
4. Proceedings of the First North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete, Chicago, USA, November 2002



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 38 - Concreto Permeable

### ¿QUÉ es el concreto permeable?

El concreto permeable es un tipo especial de concreto con una alta porosidad, usado para aplicaciones en superficies de concreto que permita el paso a través de él de agua proveniente de precipitación y otras fuentes, reduciendo la escorrentía superficial de un sitio y recargando los niveles de agua subterránea. La alta porosidad se obtiene mediante un alto contenido de vacíos interconectados. Normalmente el concreto permeable tiene pocos o no tiene agregados finos y tiene la suficiente cantidad de pasta de cemento para cubrir las partículas de agregado grueso preservando la interconectividad de los vacíos. El concreto permeable es usado tradicionalmente en áreas de estacionamiento, áreas con poco tráfico, pasos peatonales e invernales. Es una importante aplicación para la construcción sostenible.

### ¿POR QUÉ utilizar el Concreto Permeable?

La utilización correcta del concreto permeable es una práctica de Gerencia reconocida por la Agencia Americana de Protección del Ambiente (EPA por sus siglas en inglés) para proveer un control de polución "first-flush" y lograr controlar está y manejar el agua de lluvia. Debido a las regulaciones que limitan la escorrentía superficial del agua de lluvia, cada vez resulta más costoso para los propietarios desarrollar proyectos de bienes raíces, debido al tamaño y el gasto que implican los sistemas de drenaje. El concreto Permeable reduce la escorrentía superficial en áreas pavimentadas, reduciendo así la necesidad de lagunas separadas de retención de agua de lluvia y permite el uso de un alcantarillado de menor capacidad. Esto permite a los propietarios desarrollar áreas de mayor tamaño a un costo menor. El concreto permeable también filtra de manera natural el agua de lluvia y reduce las cargas de polución que puedan entrar en los arroyos, lagunas y ríos. El concreto permeable funciona como una laguna de retención de agua de lluvia y permite que el agua de lluvia se infiltre en la tierra sobre un área mayor, facilitando la recarga de los suministros de agua subterránea localmente. Todos estos beneficios llevan a un uso más efectivo de la tierra.

El Concreto permeable puede de igual manera reducir el impacto del desarrollo en los árboles. Un pavimento de Concreto permeable permite la transferencia de agua y aire a los sistemas de raíces dejando que los árboles florezcan incluso en las áreas altamente desarrolladas.

El Concreto permeable permite la infiltración del agua de lluvia



Figura 1: El Concreto Permeable permite la percolación de aguas lluvias.

### ¿CÓMO se instala el pavimento de Concreto Permeable?

Se requiere de un instalador experimentado para el éxito de los pavimentos con concreto permeable. Tal como sucede con cualquier pavimento de concreto, es muy importante la preparación de la base. La base debe estar correctamente compactada para poder lograr una superficie uniforme y estable. Cuando el pavimento permeable se coloca directamente en suelos arenosos o con grava se recomienda compactar la base entre 92 y 96% de la densidad máxima (ASTM D 1557). En el caso de suelos arenosos o con arcilla, el nivel de compactación dependerá de las especificaciones del diseño del pavimento y debe colocarse una capa de piedra de gradación abierta sobre el suelo. Se utilizan telas o tejidos de ingeniería para separar suelos de grano fino de la capa de piedra. Debe tenerse cuidado para no sobrecompactar el suelo con potencial de expansión. Debe humedecerse la base antes de colocar el concreto, y las vías con tráfico de construcción deben ser barridas con rastrillo y recompactadas. El humedecimiento de la base evita que el Concreto permeable se asiente y se seque rápidamente.

Típicamente el concreto permeable contiene una relación agua vs. Materiales cementantes (w/cm) de 0.35 a 0.45 con un contenido de vacíos de 15 a 25%. La mezcla esta compuesta por

materiales en base a cemento, agregado grueso y agua con poco o ningún agregado fino. Al añadir una pequeña cantidad de agua al agregado fino, se reduce el contenido de vacíos y aumenta la resistencia deseada en ciertas situaciones. Este material es sensible a los cambios en el contenido de agua, de tal manera que se requiere un ajuste de la mezcla fresca en el sitio. La cantidad correcta de agua en el concreto es fundamental. Gran cantidad de agua causa segregación, y poca agua producirá la formación de pelotas en la mezcladora y una descarga muy lenta. Un muy bajo contenido de agua también puede impedir el curado apropiado del concreto y induciría a una falla superficial prematura. Una mezcla correctamente proporcionada da una apariencia húmedo-metálica o brillo.

Un pavimento de Concreto permeable puede colocarse con formaletas fijas o con formaleta deslizante. La mejor manera de colocar el Concreto permeable es en formaletas sobre el terreno, las cuales tienen una tira en la parte superior de la formaleta, de tal manera que se pueda retirar el dispositivo de 3/8-1/2 in. (9 a 12 mm) colocado sobre la elevación final del pavimento. El corte puede ser por vibración o manual, sin embargo se prefiere el método por vibración. Luego de cortar el concreto, las tiras son removidas y el concreto es compactado manualmente con un rodillo que une las formaletas. El rodillo consolida el concreto fresco para permitir un enlace fuerte entre la pasta y el agregado, y generar una superficie de rodadura suave y transitable. Debe evitarse una presión excesiva al utilizar el rodillo ya que los vacíos pueden colapsar. La aplicación del rodillo debe hacerse inmediatamente después del corte.

La modulación de juntas de Concreto Permeable sigue las mismas reglas que para las losas de concreto apoyadas sobre el suelo, con algunas excepciones. Con menos cantidad de agua en el concreto fresco, se reduce la contracción del material endurecido significativamente, por lo tanto, los espacios entre juntas pueden ser más anchos. Los criterios de modulación de juntas, sin embargo, permanecen iguales (Ver CIP 6). Las juntas en el concreto permeable son elaboradas con una herramienta de juntas tipo rodillo. Este permite que las juntas puedan cortarse en poco tiempo, y también permite que el curado continúe de manera ininterrumpida. Un curado adecuado es esencial para la integridad estructural del pavimento de concreto permeable. El curado asegura una hidratación suficiente de la pasta de cemento para brindar la resistencia necesaria en la sección de pavimento para prevenir la fisuración. El curado debe comenzar dentro de los 20 minutos siguientes a la colocación del concreto y continuar por 7 días. Se utilizan láminas plásticas para curar los pavimentos de Concreto permeable.

## ¿CÓMO probar e inspeccionar el pavimento de Concreto Permeable?

El concreto permeable puede ser diseñado para obtener una resistencia a la compresión entre 400 psi y 4.000 psi (2.8 y 28 MPa), sin embargo las resistencias de 600 psi a 1.500 psi (2.8 a 10 MPa) son más comunes. El Concreto Permeable, sin embargo, no se especifica o acepta en base a la resistencia. Un punto aun más importante para el éxito de un pavimento permeable es el contenido de vacíos. La aceptación se basa normalmente

en la densidad (peso unitario) del pavimento en el sitio. Una tolerancia aceptable es de más o menos 5 lb/cu.ft. (80 kg/m<sup>3</sup>) de la densidad de diseño. Esto debe ser verificado a través de mediciones en campo. La densidad fresca (peso unitario) del Concreto permeable se mide utilizando el método "jigging" descrito en la norma ASTM C 29. Las pruebas de asentamiento y contenido de aire no se aplican al concreto permeable. Si el pavimento de concreto permeable es un elemento del plan de manejo del agua de lluvia, el diseñador debe asegurarse que este funcione correctamente a través de una observación visual de las características de drenaje, antes de abrir la instalación. Han surgido preguntas acerca de la durabilidad del concreto permeable al hielo y deshielo. A pesar de que casi toda la experiencia es en climas cálidos, recientemente han surgido proyectos de concreto permeable en climas fríos. Al concreto permeable en ambientes de congelamiento no se le debe permitir que se sature completamente. La saturación del pavimento de Concreto permeable instalado puede prevenirse colocando el Concreto permeable en capas densas de 8 a 24 pulgadas (200 a 600 mm) de base de piedra de gradación abierta. Pruebas y ensayos de laboratorio muestran que el aire incorporado puede mejorar la durabilidad al hielo y deshielo, aun cuando el concreto permeable este en una condición de saturación total. Sin embargo, el contenido de aire incorporado no puede verificarse mediante ningún procedimiento de prueba standard ASTM.

La EPA recomienda una limpieza habitual del pavimento de concreto permeable para prevenir obstrucciones. Esta limpieza puede realizarse mediante un barrido al vacío o mediante un lavado a alta presión. A pesar de que el concreto permeable y el suelo subyacente tengan excelentes capacidades de filtración, es posible que no se logre eliminar todos los contaminantes. En situaciones críticas, para preservar la calidad del agua subterránea se recomiendan ensayos al agua lluvia.

## Referencias

1. Pervious Pavement Manual, Florida Concrete and Products Association Inc., Orlando, FL. <http://www.fcpa.org>.
2. Richard C. Meininger, "No-Fines Concrete permeable for Paving," Concrete International, Vol. 10, No. 8, August 1988, pp. 20-27.
3. Storm Water Technology Fact Sheet Porous Pavement, United States Environmental Protection Agency, EPA 832-F-99-023, September 1999. [www.epa.gov/npdcs](http://www.epa.gov/npdcs)
4. Recommended Specifications for Portland Cement Pervious Pavement, Georgia Concrete and Products Association, Inc. Tucker, GA, [www.gcpa.org](http://www.gcpa.org)
5. Concrete permeable Pavement – A Win-Win System, Concrete Technology Today, CT 032, August 2003, Portland Cement Association, Skokie, IL, <http://www.cement.org>
6. ASTM D1557-00, "Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort," Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.08, ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org](http://www.astm.org)
7. Concreto permeable, ACI 522R Report, (under review), ACI International, Farmington Hills, MI, <http://www.concrete.org>.



# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 39 - Madurez del Concreto

### ¿QUÉ es la madurez del concreto?

El concepto de madurez utiliza el principio en que la resistencia del concreto (y otras propiedades) está directamente relacionada con la edad y el desarrollo de su temperatura. Los métodos de madurez proveen una aproximación relativamente simple para estimar de manera confiable la resistencia a compresión (y flexión) del concreto a edad temprana (14 días o menos) en el sitio durante la construcción. El concepto de madurez asume que las muestras de una mezcla de concreto que tengan la misma madurez, tendrán resistencias similares, independientemente de la combinación de tiempo y temperatura con la que se alcance la madurez. El índice de madurez medido en el concreto en el sitio, en función de su desarrollo de temperatura y edad, es utilizado para estimar el desarrollo de la resistencia, basado en una calibración predeterminada de la relación tiempo-temperatura-resistencia desarrollada sobre ensayos de laboratorio para esa mezcla.

### ¿POR QUÉ utilizar los métodos de madurez?

Los métodos de madurez son utilizados como un indicador más confiable de la resistencia del concreto en el sitio durante la construcción, en vez de los ensayos a compresión de cilindros curados en obra. La práctica tradicional de medir la resistencia de los cilindros en obra, curados en las mismas condiciones que la estructura, es usada para programar actividades de construcción tales como: el retiro de las formaletas o el reapuntalamiento, el relleno de muros de contención, programar operaciones de pretensado y postensado, determinar el tiempo para abrir al tránsito en pavimentos y puentes, el corte de juntas, y para establecer cuando deben concluir las medidas de protección en climas fríos.

Los métodos de madurez usan el concepto fundamental de que las propiedades del concreto se desarrollan con el tiempo en la medida que el cemento hidrata y libera calor. La tasa de desarrollo de resistencia a edades tempranas está relacionada con la tasa de hidratación del cemento. El calor generado por la reacción de hidratación se debe registrar como un incremento de temperatura del concreto. La principal ventaja del método de madurez es que usa el perfil de temperatura actual del concreto para estimar su resistencia en el sitio. La práctica tradicional de utilizar los cilindros curados en obra no replica el mismo perfil de temperatura del concreto colocado en el sitio, y probablemente no estima su resistencia con precisión.

Con los métodos de estimación de madurez la información de resistencia es suministrada en tiempo real dado que las mediciones de madurez son realizadas en el sitio en cualquier momento. Como resultado, se optimiza el flujo de trabajo en la construcción, y la programación de las actividades de construcción se pueden basar en una información de resistencia en el sitio más precisa.

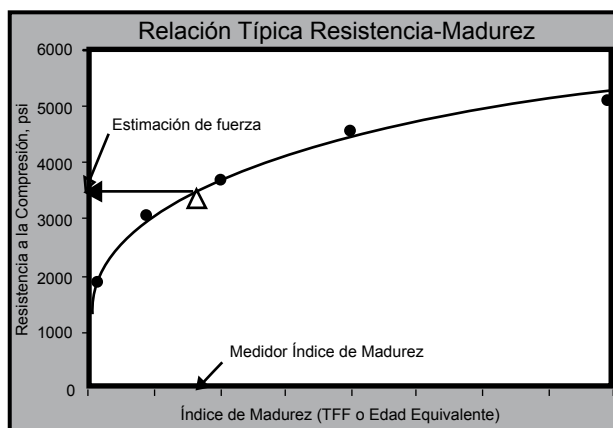


Figura 1: La relación madurez-resistencia con ensayos de laboratorio es usada para estimar en el sitio el índice de madurez.

### ¿CÓMO se usan los métodos de madurez?

El procedimiento para estimar la resistencia del concreto usando los conceptos de madurez se describe en la ASTM C 1074, Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method. La relación temperatura-tiempo-resistencia de una mezcla de concreto es desarrollada en base a ensayos de laboratorio. Esto permite establecer una o dos funciones de madurez (tal como se explica abajo) para esa mezcla. Durante la construcción, el índice de madurez se determina con base en las mediciones de temperatura y edad. El índice de madurez es utilizado para estimar la resistencia en el sitio con base en las relaciones preestablecidas de madurez-resistencia. Esto se ilustra en la Figura 1.

El concepto de madurez es gobernado por la suposición de que las muestras de concreto de una determinada mezcla tendrán la misma resistencia cuando tengan el mismo índice de madurez. Por ejemplo un concreto curado a una temperatura de 10°C (50°F) por 7 días puede tener el mismo índice de madurez, que un concreto curado a 27°C (80°F) por 3 días, y en consecuencia tendrían resistencias similares.

La ASTM C 1074 provee dos tipos de funciones de madurez: La función Nurse-Saul asume que la tasa de desarrollo de resistencia es una función lineal de la temperatura. El índice de madurez es expresado como un factor temperatura-tiempo (FTT) del producto de la temperatura y tiempo en °C-horas o °C-días. El método requiere un valor para el dato de temperatura por debajo del cual se asume que no ocurre hidratación del cemento. La ASTM C 1074 proporciona un procedimiento para determinar este valor para una mezcla de concreto específica o sugiere asumir un valor de 0°C.

La precisión de la predicción Nurse-Saul no es adecuada cuando hay rangos amplios de temperatura de curado, pero su precisión es considerada adecuada para la mayoría de aplicaciones.

La función Arrhenius asume que la tasa de desarrollo de resistencia sigue una relación exponencial con la temperatura. El índice de madurez es expresado en términos de una edad equivalente referida a una temperatura. La edad actual es típicamente normalizada para una edad equivalente a 20°C o 23°C. El valor de la energía de activación es necesario para esta función de madurez. La ASTM C 1074 suministra un procedimiento para determinar la energía de activación o sugiere alternativamente que un valor de 40,000 a 45,000 J/mol es una suposición razonable para un concreto con cemento tipo 1. Utilizando la función de madurez establecida, la edad actual y la temperatura medida, se hace la conversión a una edad equivalente para predecir la resistencia del concreto.

La función Arrhenius es considerada como científicamente más precisa. No obstante, la función Nurse-Saul es más usada por varias agencias estatales de carreteras en los EEUU, debido principalmente a su simplicidad.

El método de madurez involucra los siguientes pasos:

- Determinar una relación resistencia-madurez para la mezcla de concreto a ser usada en la estructura, empleando los materiales y proporciones de mezcla propuestos para el proyecto. Monitorear el desarrollo de la temperatura de los especímenes de prueba empleando termopares introducidos en uno o más de los cilindros. Medir la resistencia a compresión a diferentes edades de cilindros curados en condiciones normales. Estos datos son usados para establecer la función de madurez (Nurse-Saul o Arrhenius).
- Medir el desarrollo de la temperatura del concreto en la estructura, insertando sensores en sitios de la estructura que son críticas en términos de condiciones de exposición y requerimientos estructurales.
- Calcular el índice de madurez con base en el registro de temperatura y edad.
- Estimar la resistencia del concreto en el sitio de obra con base en el índice de madurez calculado y la relación predeterminada resistencia-madurez (Figura 1)

Algunas de las limitaciones de los métodos de madurez que pueden llevar a estimaciones erróneas de la resistencia en el sitio son:

- a. El concreto usado en la estructura no es representativo de aquel usado para los ensayos de calibración en el laboratorio debido a cambios de material, precisión en la preparación, contenido de aire, etc.
- b. Temperaturas elevadas a edad temprana resultarán en una predicción incorrecta de la resistencia a largo plazo.
- c. El concreto debería ser adecuadamente colocado, consolidado y las condiciones de curado deberían permitir la hidratación continua del cemento.
- d. El uso de datos de temperatura o valores de energía de activación que no son representativos de la mezcla de concreto.

Los puntos (a) y (b) antes mencionados, son limitaciones inherentes al método de madurez. La ASTM C 1074 sugiere que deben realizarse ensayos complementarios antes de llevar a cabo operaciones críticas para la seguridad, tales como retiro de encofrado o un postensado. Mientras estos ensayos adicionales no sean siempre requeridos, es una buena práctica verificar periódicamente que la relación madurez-resistencia para el concreto específico es todavía válida. Los métodos sugeridos incluyen:

1. Ensayos no destructivos en el sitio: ASTM C 803 (resistencia a la penetración), ASTM C 873 (cilindros vaciados en el sitio) o ASTM C 900 (resistencia a la extracción).
2. Método de ensayo C 918 que proyecta la resistencia a edad posterior con base en ensayos a edad temprana.
3. Usando curado acelerado de especímenes de ensayo para estimar la resistencia a edad posterior de acuerdo con la ASTM C 684.
4. Ensayos a edad temprana de cilindros elaborados en obra instrumentados con equipos para medir madurez.

Las relaciones resistencia-madurez, los datos de temperatura y la energía de activación son específicos para una mezcla de concreto. En consecuencia cualquier modificación significativa al diseño de mezcla o la fuente de material debe ir acompañada de una recalibración de estos valores.

Varios dispositivos de madurez están disponibles comercialmente y miden de manera continua la temperatura del concreto, calculan la madurez y muestran el índice de madurez digitalmente en cualquier momento. Se pueden monitorear de manera simultánea un número ilimitado de ubicaciones. Es importante seleccionar un sistema que sea confiable, y provea los datos de manera ininterrumpida e inalterada, que soporte la función de madurez que esta siendo usada para el proyecto, y permita ajustes a las constantes de madurez apropiadas.

Es importante tener en cuenta que la madurez no pretende reemplazar el ensayo de testigos curados en condiciones normales. La madurez usada conjuntamente con otros ensayos no destructivos puede reemplazar al ensayo de cilindros curados en obra y facilitar la toma de decisiones para las operaciones de construcción. Puede ser una buena herramienta para el control de calidad, en la medida que se reduce la cantidad de ensayos de resistencia a ser ejecutados. Debido al ensayo de madurez, los proyectos y procesos pueden realizarse más rápidamente, con seguridad y económicamente, como resultado de tener la información correcta en el lugar correcto y en el tiempo correcto.

---

## Referencias

1. ASTM C 1074-04 "Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method", ASTM International, [www.astm.org](http://www.astm.org)
  2. Guide to Non Destructive testing of Concrete, FHWA, Publication No. FHWA-SA-97-105, Sep. 1997, [www.fhwa.dot.gov/pavement/](http://www.fhwa.dot.gov/pavement/)
  3. Significance of Test and Properties of Concrete-Making Materials, ASTM STP 169C, ed. Klieger, P., and Lamond, J.F., 1994, [www.astm.org](http://www.astm.org)
  4. Carino, N.J., "The Maturity Method", Chapter 5 in Handbook on Nondestructive testing of Concrete, 2nd Edition, Malhotra, V.M., and Carino, N.J., Eds., CRC Press Inc, Boca Raton, FL, and ASTM international, 2004.
- 



# Hormigon El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 40 - Expulsión de agregados

### ¿QUÉ es una expulsión?

Una “expulsión” es una pequeña cavidad generalmente cónica en una superficie horizontal de concreto que se da luego que una partícula de los agregados (o áridos) cercana a la superficie se ha expandido y fracturado. Generalmente, parte del agregado fracturado se encontrará en el fondo de la cavidad mientras que la otra parte del agregado estará adherida en el vértice del cono de la erupción. La cavidad puede alcanzar desde 1/4 plg. (6 mm) hasta algunas pulgadas de diámetro.

### ¿POR QUÉ ocurren las expulsiones en el concreto?

La partícula de agregado se expande y se fractura como resultado de una acción física o una reacción química:

#### Acción física

El origen de una expulsión por acción física es usualmente debido a que una partícula de agregado cercana a la superficie tiene una absorción alta y una densidad (gravedad específica) relativamente baja. En la medida que la partícula absorbe humedad; o en el caso que se congele en condiciones saturadas, su dilatación genera suficiente presión interna para romper la partícula y el recubrimiento de concreto hacia la superficie. La porción superior de la partícula de agregado fracturada se separa de la superficie del concreto llevando consigo una parte de la superficie de mortero. En algunos casos los agregados impulsan el agua hacia el mortero que los rodea causando una expulsión del mortero en la superficie, exponiendo la partícula de agregado intacta. Bolas de arcilla, carbón, madera u otros contaminantes pueden tomar agua y dilatarse aún sin congelarse, pero la presión que resulta raramente es suficiente para causar expulsiones. Por otro lado, existen informes de casos en los que la contaminación de agregados con granos (soya, maíz) ha resultado en expulsiones. Estos casos no se encuentran dentro del alcance de este documento.

La expulsión como resultado de acciones físicas, es un problema típico solo en superficies exteriores horizontales en climas sujetos a efectos de hielo y deshielo, bajo condiciones de humedad y que resultan en expansión. Inclusive a los agregados que cumplen con los requisitos de la ASTM C 33 Clase 5S, para concreto arquitectónico en condiciones severas, se les permiten ciertos tipos



de partículas que pueden causar expulsión cuando se exponen a hielo y deshielo en condiciones saturadas. Los tipos de partículas más comunes que resultan en expulsiones son las de baja densidad en depósitos de agregados naturales.

Los agregados triturados tienen una menor tendencia a contener partículas ligeras o partículas que absorban, que son más susceptibles a la expulsión.

#### Reacción química

La causa de expulsión por motivo de reacciones químicas se relaciona frecuentemente a la reacción álcali-sílice (RAS). Alcalis del cemento u otra fuente crean un entorno de pH elevado (alta concentración de iones OH) el cual causa una descomposición del sílice y la formación de un gel de la RAS, el cual absorbe agua y se expande, removiendo una pequeña porción de la superficie del mortero. Estas son llamadas Expulsión RAS. Estas son típicamente pequeñas y son acompañadas de una pequeña marca, que puede ser una decoloración y/o apariencia de humedad. La partícula de agregado no se fractura con frecuencia como es el caso en las expulsiones por acciones físicas. Sin embargo, el fenómeno de la RAS puede generar mini-fracturas dentro de las partículas de agregados. Algunas expulsiones por reacciones álcali- sílice pueden ocurrir pocos días después de que el concreto ha sido colocado.

## ¿CÓMO evitar las expulsiones en el concreto?

La mayoría de las expulsiones son defectos estéticos que no causan impacto alguno en el desempeño estructural de elementos de concreto. Sin embargo, un gran número de expulsiones facilitan el ingreso de agua y otros agentes químicos dañinos al interior del concreto, y pueden eventualmente conducir a otras formas de deterioro, incluyendo la corrosión del acero de refuerzo. Los siguientes pasos pueden ser tomados para evitar expulsiones en el concreto.

### Expulsión por acción física

1. Evitar la utilización de agregados que contienen partículas que tienden a causar expulsión o que tienen un historial asociado con expulsión. Sin embargo, en algunas partes de los EE.UU., las gravas naturales disponibles contienen algunas partículas que tienden a producir expulsiones superficiales. Debido a la falta de agregados alternos económicos en esas localidades es posible encontrar que la presencia de expulsión en aceras y pavimentos es aceptada, aunque no deseable.
2. En el caso que las expulsiones no sean aceptadas, se debe ubicar una fuente alterna de agregados. Si es apropiado, se puede utilizar un método constructivo que incluye dos vaciados (o capas) en los que los agregados susceptibles a causar expulsión se utilizan en el primer vaciado (o capa inferior) y el agregado que no causa expulsión y consiste en el agregado probablemente más costoso se utiliza en el segundo vaciado (o capa superior expuesta a la superficie).
3. Los agregados pueden ser procesados para remover el material ligero, pero el costo adicional del proceso puede ser excesivo en la mayoría de los casos.
4. Reducir la relación agua-material cementante del concreto ya que esto reducirá el potencial de saturación y aumentará la resistencia a las fuerzas de expansión. Se debe realizar un curado adecuado para superficies exteriores horizontales, para lograr que el material cementante desarrolle una mejor resistencia, especialmente en la superficie. Con esto se reduce la permeabilidad y por lo tanto se reduce la cantidad de agua que emigra hacia las partículas de agregado grueso. Estos pasos pueden reducir la frecuencia de expulsión, pero no necesariamente la eliminan del todo.
5. Reducir el tamaño máximo de agregado, ya que agregados más pequeños desarrollan menores esfuerzos debido al congelamiento, y en consecuencia un menor número de expulsiones. Las expulsiones que ocurran serán pequeñas y causarán menos rechazo.

### Expulsión por acción química

1. Utilizar cemento con bajo contenido de álcali o agregado no reactivo. Esta opción no es práctica común en muchas regiones.
2. Limpiar (lavar) la superficie con agua luego que el concreto se ha endurecido y antes de aplicar el curado final. Esto eliminará álcalis que se han acumulado en la superficie como resultado de la evaporación del agua de exudación (sangrado).

3. Permitir la utilización de ceniza volante Clase F o escoria como un sustituto parcial del cemento para reducir la permeabilidad de la pasta y mitigar las reacciones dañinas debido a la RAS.

## ¿CÓMO reparar las expulsiones en el concreto?

Antes de comprometerse a un programa de reparación, es necesario confirmar cuál es la causa de las expulsiones, mediante la extracción de núcleos que contengan una o más expulsiones típicas y someterlos a un estudio por parte de un petrógrafo calificado.

Las expulsiones se pueden reparar removiendo la porción del agregado remanente en la cavidad superficial, limpiando el vacío resultante, y rellenando el vacío con un material de reparación comercialmente disponible, tipo mortero seco, mortero epóxico, u otro material apropiado, siguiendo las indicaciones recomendadas por el fabricante. Será difícil conseguir el mismo color del concreto existente. Si el número de expulsiones en la superficie son excesivas para ser reparadas individualmente, se puede utilizar una sobrelosa delgada de concreto adherida, para reestablecer la apariencia uniforme de la superficie. Recomendaciones específicas para ese tipo de recubrimiento están fuera del alcance de esta publicación.

### Referencias

1. Popouts: Causes, Prevention, Repair, Concrete Technology Today, PL852, Portland Cement Association, [www.cement.org](http://www.cement.org)
2. Guide to Residential Cast-in-Place Concrete Construction, ACI 332R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, [www.concrete.org](http://www.concrete.org)
3. Closing in on ASR Popouts, Concrete Technology Today, CT022, Portland Cement Association, [www.cement.org](http://www.cement.org)
4. R. Landgren, and D. W. Hadley, Surface Popouts caused by Alkali-Aggregate Reaction, Portland Cement Association, RD121, [www.cement.org](http://www.cement.org)
5. N. E. Henning, K. L. Johnson, and L. J. Smith, Popouts, Construction Bulletin, March 4, 1971, Upper Midwest News Weekly
6. Richard H. Campbell, Wendell Harding, Edward Misenhimer, and Leo P. Nicholson, Surface Popouts: How are they Affected by Job Conditions?, ACI Journal, American Concrete Institute, June 1974, pp. 284-288



# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 41 - Ensayo de aceptación del Concreto

### ¿QUÉ es “aceptación” del concreto?

El ensayo de aceptación del concreto es el proceso de ensayo de muestras representativas del concreto suministrado a un proyecto. Los ensayos de aceptación incluyen ensayos del concreto en estado plástico como asentamiento, contenido de aire, densidad (peso unitario) y temperatura, y ensayos en concreto endurecido como resistencia y otras propiedades de durabilidad, de acuerdo con los requerimientos del contrato o en las especificaciones del proyecto.

Los ensayos de concreto endurecido, se realizan siguiendo estándares para determinar si el concreto colocado tiene el potencial para desarrollar las propiedades definidas por el profesional diseñador. Los resultados de estas pruebas de ensayo, no pretenden pronosticar el comportamiento del concreto en la estructura. Existen diferentes variables que ocurren durante el proceso de construcción, que producirán un efecto en las propiedades del concreto colocado en la obra, que van más allá del control del contratista de concreto.

### ¿POR QUÉ realizar un ensayo de aceptación al concreto?

El ensayo de aceptación se realiza para verificar cuantitativamente, si el concreto cumple con lo especificado por el cliente o comprador. Los requerimientos del cliente o comprador con relación a los ensayos y criterios de aceptación, se encuentran por escrito en las especificaciones del proyecto o se indican mediante estándares de la industria tales como el ACI 301, el ACI 318, y la ASTM C 94.

Los contratistas están legalmente obligados a facilitar o a realizar los ensayos de aceptación, en aquellas jurisdicciones en donde se adopten modelos de códigos tales como “International Building Code”, (Código Internacional para Edificaciones). Estos modelos de códigos, usualmente se refieren al ACI 318.

Es importante para aquellos involucrados en la realización de ensayos, que estén claros, ya que los resultados de los ensayos de aceptación tienen importantes implicaciones en el cronograma de ejecución de los proyectos, así como el costo para los participantes del proyecto, y podría tener efectos sobre la seguridad de la estructura y de sus usuarios.

### ¿CÓMO se debe hacer un ensayo de aceptación?

Los ensayos de aceptación, deben ser realizados por técnicos certificados que han demostrado en forma escrita y práctica su conocimiento en la realización de los ensayos de acuerdo a las normas pertinentes. Los programas de certificación los ofrece el “American Concrete Institute”, (Instituto Americano de Concreto), y otras organizaciones para técnicos que realizan pruebas en el campo y laboratorio. Los laboratorios



Grieta de las superficies de concreto

que ejecutan pruebas de aceptación, deben cumplir los requisitos de la norma ASTM C 1077. Los laboratorios deben ser competentes en las pruebas que le hacen al concreto, y deberían verificar su destreza por medio de auditorías a su sistema de calidad, el cual puede ser periódicamente evaluado por una organización independiente y participativa, a los programas de muestras de ensayo, con el fin de realizar evaluaciones de aptitud y en caso de ser necesario, la comprobación de que los procesos son los correctos. Las inspecciones al laboratorio y los programas de muestreo patrón del “Cement Concrete Reference Laboratory” (CCRL) o su equivalente, son normalizadas.

Toda comprobación de la aceptación de concreto debe ser conducida de acuerdo con lo establecido en el contrato. Cualquier desviación de los procedimientos establecidos, es razón suficiente, para invalidar los resultados obtenidos.

Es importante, que el proceso de gestión de las pruebas de aceptación y las responsabilidades de todas las partes involucradas, en un adecuado muestreo, estén claramente definidas previo al inicio del proyecto. Dentro de los aspectos que deben estar claros se encuentran: almacenaje y manipulación del espécimen, el transporte al laboratorio, la disposición del lugar de trabajo y del posterior ensayo. En proyectos de mediana a gran escala, es muy recomendable una reunión de pre-construcción con el fin de establecer los procesos, planes de contingencia y definir las responsabilidades (CIPes 32).

**Muestreo:** Las muestras de concreto de diferentes vehículos mezcladores para aceptación de pruebas, se obtienen de acuerdo con la norma ASTM C 172. La muestra debe obtenerse verificando la tolva del camión mezclador. Dos o más porciones de concreto de la mitad de la descarga, se puede considerar una muestra representativa del contenido del camión. Cuando la especificación requiere pruebas adicionales

para llevarse a cabo en el punto de colocación en la estructura, después de que el concreto se ha transportado (como por medio de una bomba, cubo o transportador), los procedimientos de muestreo deben llevarse a cabo de tal forma que la manera de hacerlos no sean interrumpidos, y que con ello varíen las propiedades medidas. La Norma ASTM C 94, permite tomar una muestra preliminar, la cual puede obtenerse después de 0.20 m<sup>3</sup> (0,25 yd<sup>3</sup>) de descarga, con el fin de medir el asentamiento y el contenido de aire, para hacer los ajustes a la mezcla en caso de ser necesario, que se va a depositar en el sitio de trabajo. Esa muestra preliminar, no debe utilizarse para pruebas de aceptación del concreto fresco, ni para la elaboración de especímenes de prueba al concreto endurecido.

**Asentamiento y Contenido de Aire:** Cuando el asentamiento y el contenido de aire medidos durante el muestreo preliminar, son menores a la especificación, se deben hacer los ajustes en el sitio de trabajo con agua o aditivos desarrollados, para que se permita un mezclado adecuado. Si por el contrario, las mediciones del asentamiento y del contenido de aire son mayores, se debe realizar inmediatamente un segundo muestreo, y si esta segunda prueba sigue arrojando valores mayores, se considera que el concreto tiene fallas con respecto a los requisitos especificados.

El asentamiento del concreto se mide de acuerdo con la norma ASTM C 143. La tolerancia para esta norma, varía de acuerdo al nivel de asentamiento ordenado o especificado. Las tolerancias para el asentamiento se muestran en la siguiente tabla de la norma ASTM C 94. No se establecen tolerancias para el flujo del concreto autocompactable, cuya medición se realiza de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM C 1611.

Asentamiento Especificado	Tolerance
Especificación Asentamiento Máximo	
<3 in. (75 mm)	+0 to -1½ in. (40 mm)
>3 in. (75 mm)	+0 to -2½ in. (65 mm)
Especificación Asentamiento Mínimo	
<2 in. (50 mm)	±½ in. (15 mm)
2- 4 in. (50 - 100 mm)	±1 in. (25 mm)
>4 in. (50 mm)	±1½ in. (40 mm)

El contenido de aire se mide de acuerdo al Método de Ensayo Estándar, para determinar por el método de presión, el contenido de aire del concreto recién mezclado ASTM C 143 o por el Método de Ensayo Estándar, para determinar por el método volumétrico el contenido de aire del concreto recién mezclado, para agregados livianos o para agregados con altas absorciones. Para el contenido de aire del concreto, la tolerancia especificada está en el orden de ±1.5%.

**Densidad y Rendimiento:** Cuando se obtienen muestras siguiendo el procedimiento de la norma ASTM C 94, se requiere medir la densidad (peso unitario) del concreto de acuerdo con la norma ASTM C 138. Esto se puede hacer determinando el peso del aire contenido después de que la muestra ha sido preparada. Se debe utilizar un tamaño mínimo del recipiente, basado en el tamaño máximo nominal del agregado en la mezcla de concreto. La densidad, se puede correlacionar con la medición del contenido de aire, lo cual puede ser un indicador del contenido de agua en la mezcla. Cuando se determina el rendimiento mediante la norma ASTM C 94, se requiere que la densidad sea determinada en muestras separadas de tres diferentes coladas de concreto de conformidad con el volumen de concreto ordenado sobre esa base (CIPes 8).

**Temperatura:** La temperatura del concreto, es medida de acuerdo con la norma ASTM C 1064. La temperatura es medida para determinar

la conformidad con los límites de temperatura en una especificación y es una prueba requisito para preparar los especímenes. Es permitido medir la temperatura de concreto en el lugar cuando no se mide en relación con pruebas de resistencia.

**Pruebas al concreto endurecido:** La norma ASTM C 31 describe los procedimientos para preparar los cilindros y las vigas para fallar a compresión y flexión, respectivamente. Describe los procedimientos para almacenar los especímenes en el lugar de trabajo y el transporte de ellos al laboratorio. La Norma ASTM C 31 requiere que los especímenes de prueba se mantengan en una condición de humedad, en un rango de temperatura de 16°C y 27°C (60°F y 80°F) en el campo. Para mezclas de concreto con una resistencia especificada de 35 MPa (5000 psi) o mayor, la temperatura del curado inicial, debe estar entre 20°C y 26°C (68°F y 78°F). Se debe mantener un registro de las condiciones de temperatura durante el almacenamiento de los especímenes en el campo. Una caja de curado con un mecanismo que regule la temperatura a un máximo y un mínimo, es generalmente requerido para verificar la conformidad de estos requisitos. La preparación de los especímenes se debe acoplar a los mismos procedimientos utilizados para otras pruebas. Los especímenes de prueba no deben permanecer en el sitio de trabajo por más de 48 horas. Se deben proteger los especímenes con almohadillas adecuadas para transportarlos al laboratorio. El tiempo de transporte del lugar de trabajo al laboratorio, no debe exceder las 4 horas. Los especímenes entregados al laboratorio deben ser despojados de sus moldes, identificados y colocados en curado húmedo, tan pronto como sea posible, a más tardar 6 horas después según lo definido en la ASTM C 31. Se pueden encontrar más detalles en las CIPes 9 y 34. Mientras la mayoría de las especificaciones, delega al contratista, la responsabilidad de proporcionar los medios adecuados de almacenamiento de los especímenes en el sitio de trabajo, también tiene que ver con los técnicos y los resultados de las pruebas certificadas individualmente, para asegurar que los procedimientos estándar se cumplen. El concreto es muy sensible a la temperatura y a la humedad a edades tempranas y cualquier desviación del procedimiento normado, es una base para resultados de rechazo de las pruebas de aceptación y esto incrementa la probabilidad de falla en los resultados de las pruebas de aceptación del concreto. Esto tiene implicaciones en el proyecto en los costos y el cronograma. Un significativo número de resultados de baja resistencia, pueden ser atribuidos a cilindros que se han sometidos a una cura inicial no estandarizada en el lugar de trabajo (CIPes 9).

Los informes de los resultados con los datos de todas las pruebas, así como otro informe con los requisitos de las normas, se deben entregar al dueño o su representante, al contratista y al productor de concreto de una manera oportuna. Ésto será muy importante para la calidad del proyecto y sirve como documentación para el productor de concreto, como respaldo de la calidad que puede brindar en futuros proyectos.

## Referencias

1. International Building Code 2006, International Code Council, Inc. Falls Church, Virginia, [www.iccsafe.org](http://www.iccsafe.org).
2. ACI 301 and 318, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, [www.concrete.org](http://www.concrete.org).
3. ASTM C 31, C 94, C 138, C 143, C 172, C 173, C 231, C1064, C 1077, C 1611, Annual Book of ASTM Standards, Volume 4.02, ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania.
4. CIP 8, 9, 32, 34, Concrete in Practice Series, NRMCA, Silver Spring, Maryland, [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org).
5. Technical Bulletins #1, #2, #3, Virginia Ready-Mix Concrete Association, Charlottesville, Virginia.

