

El proceso final en la colocación del concreto

Un buen concreto es aquel que ha sido colocado, compactado y curado correctamente. En términos simples, una mala compactación y un curado deficiente —por separado o en conjunto— producen un concreto de menor calidad, con menor resistencia y menor durabilidad. (The Concrete Society, 2010).

Antecedentes

En cualquier losa, pavimento o piso de concreto, la integridad de las superficies superiores es crítica tanto desde un punto de vista funcional como estético. Las superficies externas soportan la mayor parte del desgaste y, además, deben proporcionar la resistencia a la abrasión y la protección frente a la exposición necesarias para que la estructura de concreto alcance su vida útil de diseño. Sin embargo, sin un curado adecuado, estas superficies superiores o externas —tan importantes— pueden convertirse en el punto más débil de la estructura.

El curado, según indica The Concrete Society, “es la última y más importante etapa de la construcción en concreto. No importa cuán rigurosos hayan sido el diseño de la mezcla, la colocación y la compactación hasta este punto. Si el curado no se realiza correctamente, el concreto no desarrollará todo su potencial”. (The Concrete Society, 2010).

La resistencia final del concreto depende de la relación agua-cemento, donde la cantidad de agua necesaria para la hidratación y el desarrollo de la resistencia se incorpora durante la etapa de mezclado. La hidratación es una reacción química compleja entre el cemento y el agua que continúa durante un periodo prolongado; sin embargo, en condiciones normales el concreto alcanza aproximadamente el 98 % de su resistencia final después de 28 días. La pérdida excesiva de humedad por evaporación o por absorción del sustrato durante los procesos de colocación, compactación y acabado puede reducir el volumen de agua disponible necesario para la hidratación completa. Cuando la hidratación es incompleta, el concreto no alcanza plenamente las propiedades endurecidas para las cuales fue diseñado.

Comprender el proceso de hidratación es fundamental para entender la importancia del curado. De forma simplificada, el clinker de cemento está compuesto por cuatro minerales principales o “fases”. Cada una reacciona a una velocidad diferente y produce distintos productos de hidratación. Si se imagina un grano de cemento como una cebolla, el agua de la mezcla disuelve gradualmente el grano capa por capa. Las fases disueltas del cemento reaccionan químicamente con el agua produciendo varias reacciones simultáneas. Cada fase forma distintos productos de hidratación, lo que da lugar a “la formación de una masa sólida compuesta por gel y material cristalino que une los componentes de la mezcla de concreto”. (Winter, 2009). Aunque este proceso se extiende

aproximadamente durante 28 días, el periodo más crítico para el desarrollo del concreto joven ocurre durante los primeros tres días, comenzando inmediatamente después del fraguado inicial y extendiéndose hasta aproximadamente siete días.

Según la British Ready-mix Concrete Association, el curado es fundamental para evitar que el concreto recién colocado se seque demasiado pronto. Un concreto bien curado es más resistente, más duradero frente al ataque químico y al desgaste por tránsito, más impermeable y presenta mejor comportamiento frente a ciclos de congelamiento-deshielo y abrasión (British Readymix Concrete Association, 2008).

El American Concrete Institute (ACI) define el curado como la “acción destinada a mantener las condiciones de humedad y temperatura en una mezcla cementicia recién colocada para permitir que ocurra la hidratación del cemento hidráulico y, cuando corresponda, las reacciones puzolánicas, de modo que puedan desarrollarse las propiedades potenciales de la mezcla”. (American Concrete Institute, 2016).

Cuándo iniciar el curado

Tradicionalmente, bajo condiciones normales, el curado se ha considerado un proceso de una sola etapa que se inicia poco después de que el concreto ha sido colocado y terminado. Sin embargo, la definición de “condiciones normales” es en realidad ambigua, ya que lo que una persona puede considerar normal puede no serlo para el concreto.

La velocidad de hidratación del concreto, aunque influenciada por la composición cementicia y los aditivos, depende en gran medida de las condiciones climáticas predominantes. Bajo ciertas condiciones meteorológicas, especialmente en ambientes calurosos y con viento, el concreto puede verse comprometido por la pérdida temprana de humedad y el curado puede tener que iniciarse después de la colocación pero antes de que el acabado haya finalizado. Esto generalmente se realiza mediante nebulización o mediante el uso de reductores de evaporación. En condiciones más frías, el curado puede comenzar una vez finalizado el acabado.

La decisión crítica de cuándo iniciar el curado suele quedar en manos del personal en obra, basándose en las condiciones existentes. Aunque la experiencia en campo con las condiciones climáticas y la mezcla de concreto utilizada es valiosa, en ocasiones resulta insuficiente. Por esta razón, es recomendable

realizar una planificación previa para evitar completamente superficies secas o incluso superficies alternadamente húmedas y secas antes de que el concreto haya endurecido lo suficiente.

El secado o la pérdida excesiva de humedad durante las primeras etapas del concreto joven —incluso antes de finalizar el acabado— puede provocar fisuración superficial, comúnmente conocida como fisuración por contracción plástica.

Las fisuras por contracción plástica se forman mientras el concreto aún se encuentra en estado plástico (blando), generalmente poco después de su colocación. Se producen cuando la superficie de la losa se seca más rápido de lo que el agua de exudación puede ascender hacia la superficie, lo que provoca contracción y fisuración superficial. La CCAA señala que “las fisuras por contracción plástica no siempre son evidentes durante las operaciones de acabado y pueden no detectarse hasta el día siguiente”, y las describe como “fisuras que se forman de manera aleatoria o aproximadamente paralelas entre sí, con longitudes que varían entre 25 mm y 2 m, aunque generalmente se encuentran en el rango de 300 a 600 mm”. (Cement Concrete Aggregates Australia, 2005).

La tasa de evaporación desde la superficie del concreto no es causada únicamente por temperaturas elevadas, sino que generalmente es el resultado de la combinación de varios factores ambientales como la velocidad del viento, la humedad relativa y la temperatura. La velocidad de exudación del concreto recién colocado depende del diseño de la mezcla, ya que un alto contenido de material fino tiende a reducir la exudación. Aunque una velocidad de regleado más lenta y un retraso en el acabado pueden reducir la aparición de fisuración plástica, la mejor manera de evitar este problema es determinar la tasa potencial de evaporación el día de la colocación.

La CCAA recomienda tomar precauciones cuando la tasa de evaporación prevista supere 0.5 kg/m²/h, mientras que el ACI sugiere que deben implementarse medidas de control de evaporación capaces de prevenir la evaporación rápida cuando la tasa de evaporación sea igual o superior a 1 kg/m²/h.

La forma más sencilla de calcular la tasa de evaporación es utilizar lo que en la industria del concreto premezclado se conoce como la ecuación de tasa de evaporación de Uno (Uno, 1998). Alternativamente, puede utilizarse el nomograma del ACI (American Concrete Institute, 2010), como se muestra a continuación. El ACI establece que los instrumentos o equipos utilizados para medir las condiciones climáticas que se emplearán en la ecuación de Uno o en el nomograma del ACI deben estar certificados por el fabricante con una precisión de ±1 °C en temperatura, ±5 % de humedad relativa y ±1.6 km/h en velocidad del viento. Además, las condiciones del sitio —incluyendo temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento— deben monitorearse desde una hora antes de la colocación del concreto y posteriormente a intervalos de 30 minutos para evaluar la necesidad de medidas de control de evaporación. Este monitoreo debe continuar hasta que se hayan aplicado procedimientos de curado adecuados. (American Concrete Institute, 2015).

La Ecuación de Tasa de Evaporación de Uno

$$E=5[(T_c+18)^{2.5} - r(T_a+18)^{2.5}][V+4] \times 10^{-6}$$

Donde E = tasa de evaporación (kg/m²/h)

R = humedad relativa / 100

Ta = temperatura del aire (°C)

Tc = temperatura del concreto (temperatura de la superficie del agua) (°C)

V = velocidad del viento (km/h) (Uno P., 1998)

Uno señala que: “Es imprescindible que quien utilice la fórmula, ya sea mediante cálculos propios o utilizando una aplicación desarrollada por diferentes organismos, determine la temperatura del aire, la velocidad del viento, la humedad, etc., directamente en el sitio de la obra y no dependa de información meteorológica automática obtenida de una estación meteorológica local. Esto se debe a que las estaciones meteorológicas no necesariamente reflejan las condiciones reales del sitio, lo que podría exponer al contratista a posibles reclamaciones legales si llegara a presentarse una disputa.” (Uno, 2022).

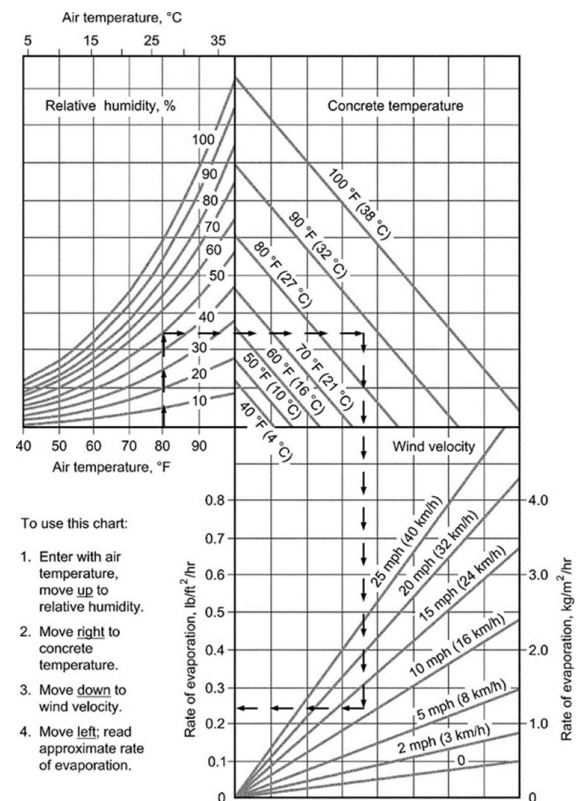


Figura 1: Nomograma del ACI para determinar la tasa de evaporación (American Concrete Institute, 2010).

Métodos de curado inicial

El curado inicial se refiere a los procedimientos implementados en cualquier momento después de la colocación y antes de que el concreto haya sido terminado, con el objetivo de reducir la pérdida de humedad desde la superficie del concreto. El procedimiento más común en esta etapa es la nebulización (fogging) mediante una boquilla especialmente diseñada que atomiza el agua en una fina niebla. Es importante que la niebla se dirija por encima y no directamente hacia la superficie del concreto, ya que su función principal es reducir la tasa de evaporación aumentando la humedad del aire inmediatamente sobre el concreto. El efecto solo se mantiene mientras la niebla permanezca suspendida sobre la losa, por lo que es necesario realizar nebulización continua o frecuente. Una alternativa a la nebulización es la aplicación de reductores de evaporación líquidos. Estos son soluciones de compuestos orgánicos en agua que pueden formar una película monomolecular sobre el agua de exudación. Cuando se aplican en una concentración suficiente, esta película reduce la tasa de evaporación. Los reductores de evaporación pueden aplicarse por aspersión sobre el concreto recién colocado para reducir el riesgo de contracción cuando la tasa de evaporación supera la tasa de exudación. (American Concrete Institute, 2008).

Medidas de curado final

Los métodos de curado final se refieren al curado que se aplica una vez que el acabado ha finalizado y el concreto ha alcanzado su fraguado final. Para que el curado sea efectivo, debe iniciarse lo antes posible después del acabado final y continuar durante un período mínimo de tres días, y cuando sea posible hasta siete días.

La CCAA clasifica los diferentes métodos de curado en las siguientes categorías:

- Aquellos que minimizan la pérdida de humedad del concreto, por ejemplo cubriéndolo con una membrana relativamente impermeable.
- Aquellos que evitan la pérdida de humedad manteniendo continuamente húmeda la superficie expuesta del concreto
- Aquellos que mantienen la superficie húmeda y al mismo tiempo elevan la temperatura del concreto, aumentando así la velocidad de desarrollo de resistencia. Este método se utiliza normalmente en productos de concreto prefabricado. (Cement Concrete Aggregates Australia, 2006).

Métodos de curado final

Probablemente el método más completo de curado con agua, el encharcamiento consiste en crear un “dique” alrededor de la losa utilizando un material tipo arcilla. Este dique se llena con agua, teniendo en cuenta que las juntas pueden provocar que el agua drene prematuramente. También se debe tener cuidado de que el encharcamiento no provoque la inundación de la base de la losa, por lo que el borde de arena debe ubicarse preferiblemente en el borde de la losa.



Método de curado por encharcamiento del concreto

Arpillera y otros materiales absorbentes: La arpillera, las mantas de algodón y otros materiales absorbentes pueden retener agua tanto en superficies verticales como horizontales. Estas cubiertas deben estar libres de cualquier material perjudicial, como azúcar, fertilizantes u otras sustancias que puedan decolorar el concreto. Cuanto más grueso sea el material, mayor cantidad de agua podrá retener y menor será la frecuencia necesaria de humectación. Durante el período de curado no debe permitirse que se sequen y, cuando se almacenen, deben secarse completamente para evitar la formación de moho.

Curado con arena: Se puede utilizar arena limpia y húmeda, siempre que se mantenga húmeda durante todo el período de curado. Debe colocarse con un espesor suficiente para retener agua de manera uniforme sobre toda la superficie que se desea curar.



Material de arpillera para el curado del concreto



Película plástica para el curado del concreto



Aplicación de compuestos de curado

Película plástica: Está disponible en color negro, blanco y transparente y, según ASTM C171, debe tener un espesor mínimo de 0.10 mm. La película plástica blanca minimiza la ganancia de calor, mientras que la negra o transparente puede ser ventajosa en climas fríos. Se debe tener cuidado de evitar cualquier rasgadura en la película y considerar que el plástico puede provocar variaciones de temperatura que pueden generar una apariencia moteada en la superficie del concreto. Esta apariencia moteada puede reducirse o evitarse mediante inundaciones ocasionales bajo la película. Una combinación de película plástica adherida a un material absorbente ayuda a retener y distribuir la humedad de manera más uniforme y ha demostrado ser eficaz para reducir el moteado. La película plástica debe lastrarse para asegurar que permanezca en contacto con la superficie y deben evitarse las arrugas

Compuestos líquidos formadores de membrana: Existen varios compuestos líquidos formadores de membrana especialmente formulados para el curado del concreto, que pueden ser transparentes o pigmentados. Su idoneidad debe evaluarse considerando su capacidad de retención de humedad. Los compuestos de curado deben cumplir con AS 3799 – Liquid membrane-forming curing compounds for concrete, y se debe tener especial cuidado al seleccionar cualquier compuesto, considerando su compatibilidad con cualquier acabado o recubrimiento que se tenga previsto aplicar posteriormente. (Australian Standard, 1998 / 2018).

Este documento no pretende ser una guía exhaustiva sobre el curado ni una lista completa de métodos de curado. Existe abundante información adicional disponible a través de diversas fuentes y organismos de la industria. Sin embargo, debe recordarse que si el concreto ha sido colocado, compactado y curado correctamente, estos aspectos contribuirán significativamente al desarrollo satisfactorio de la resistencia y la durabilidad del producto final.

Referencias

- American Concrete Institute . (2008). ACI 308R-01 Guide to Curing Concrete. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- American Concrete Institute. (2010). ACI 305R-10 Guide to Hot Weather Concreting. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- American Concrete Institute. (2012). Slabs on Ground (3rd ed.). Farmington: American Concrete Institute.
- American Concrete Institute. (2015). ACI 305.1M-14 Specification for Hot Weather Concreting. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- American Concrete Institute. (2016). ACI Concrete Terminology. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- Australian Standard. (1998 - (Reconfirmed 2018)). AS 3799=1998. Homebush: Standards Australia.
- British Readymix Concrete Association. (2008, May). Placing, compacting and curing concrete. The Concrete Centre.
- Cement Concrete Aggregates Australia. (2005). CCAA Data Sheets - Plastic Shrinkage Cracking. Retrieved from www.concrete.net.au.
- Cement Concrete Aggregates Australia. (2006, April). Datasheet - Curing of Concrete. Retrieved from www.concrete.net.au.
- The Concrete Society. (2010). Concrete on Site 6 - Curing. Camberley: The Concrete Society.
- Uno, P. (1998, July-Aug). Plastic Shrinkage Cracking and Evaporation Formulaes. ACI Materials journal V95, No4, pp. 365-375.
- Uno, P. (2022). Paul Uno, Director, Engineering Training Institute Australia (ETIA). Personal correspondence.
- Winter, N. (2009). Understanding Cement. Suffolk: WHD Microanalysis Consultants.



Fibra macrosintética BarChip

BarChip Inc.

NUESTRA VISIÓN

BarChip tiene una visión simple: revolucionar el mundo del refuerzo del concreto. Durante más de 100 años, la tecnología de refuerzo del concreto prácticamente no ha cambiado. Nos propusimos crear un nuevo refuerzo para el siglo XXI. Así nació el refuerzo sintético con fibra BarChip.

NUESTRO PROCESO

Creemos que las relaciones comerciales a largo plazo solo pueden sostenerse mediante el compromiso de ofrecer productos y servicios de la más alta calidad. Nos aseguramos de comprender su concreto, conocer los requisitos de desempeño y trabajar con usted para lograr el diseño adecuado y los resultados de desempeño esperados.

SU PRODUCTO

Cuando trabaja con BarChip, sabe que su estructura de concreto ha sido reforzada conforme a los estándares de ingeniería más recientes. No sufrirá problemas de corrosión. Será más económica y rápida de construir. Será más segura y continuará desempeñándose durante toda su vida útil de diseño.

BarChip Inc.

info@barchip.com

N. America: +1 704 843 8401

Australia: +61 1300 131 158

EMEA: (353) 1 853 7324

Asia: +65 6835 7716

S. America: +56 2 2703 1563

Brazil: +55 19 2121 5417



BarChip Inc.
The Synthetic Fibre Experts

Existen distribuidores en otras regiones. Para obtener datos de contacto, visite www.barchip.com/es

Aviso legal: Esta información se proporciona únicamente como una guía de desempeño bajo condiciones específicas y supervisadas. Se recomienda al usuario realizar su propia evaluación y utilizar los servicios de profesionales para determinar la idoneidad del producto para cualquier proyecto o aplicación en particular antes de su uso comercial. ISO 9001:2015. TNCuring_SPA. © BarChip Inc. 2026.

www.barchip.com/es