



## **HORMIGONADO EN TIEMPO CALUROSO**

(Adaptado de Diseño y Control de Mezclas de Concreto, 2004  
y otra bibliografía de consulta)



## HORMIGONADO EN TIEMPO CALUROSO

Las condiciones del clima en la obra, caluroso o frío, ventoso o calmo, seco o húmedo, pueden ser muy distintas a las condiciones ideales, asumidas en el momento de especificar, diseñar o seleccionar una mezcla o pueden diferir de las condiciones de laboratorio en las cuales se almacenaron y se ensayaron las probetas de hormigón.

Se define como tiempo caluroso a cualquier combinación de alta temperatura ambiente, baja humedad relativa y velocidad de viento, que tienda a perjudicar la calidad del hormigón fresco o endurecido, o que contribuya a la de propiedades anormales del citado material.

Las condiciones de clima caluroso influyen adversamente la calidad del hormigón, principalmente acelerando la tasa de pérdida de humedad y la velocidad de hidratación del cemento. Las condiciones perjudiciales del clima caluroso incluyen:

- Alta temperatura ambiente
- Alta temperatura del hormigón
- Baja humedad relativa
- Alta velocidad del viento
- Radiación solar

Las condiciones del clima cálido pueden crear dificultades, tales como:

- Aumento de la demanda de agua
- Aceleración de la pérdida de asentamiento, llevando a la adición de agua en la obra
- Aumento de la tendencia de fisuración (agrietamiento) plástica
- Necesidad de curado temprano
- Dificultades en el control del aire incorporado
- Aumento de la temperatura del hormigón, resultando en pérdida de resistencia a lo largo del tiempo
- Aumento del potencial de fisuración térmica

La adición de agua en la obra puede afectar negativamente las propiedades y las condiciones de servicio del hormigón endurecido, resultando en:

- Disminución de la resistencia, por el aumento de la relación agua-cemento
- Disminución de la durabilidad, debido a la fisuración
- Aumento de la permeabilidad
- Apariencia no uniforme de la superficie
- Aumento de la tendencia de contracción por secado
- Disminución de la resistencia a abrasión, por la tendencia de rociar agua durante el acabado

El trabajo en el hormigón se podrá ejecutar tranquilamente sólo si se anticipan estas dificultades y si se toman precauciones para aliviarlas.

## CUANDO TOMAR PRECAUCIONES

La temperatura más favorable para lograr una alta calidad del hormigón fresco es normalmente más baja que aquella obtenida, durante el clima cálido, sin enfriamiento

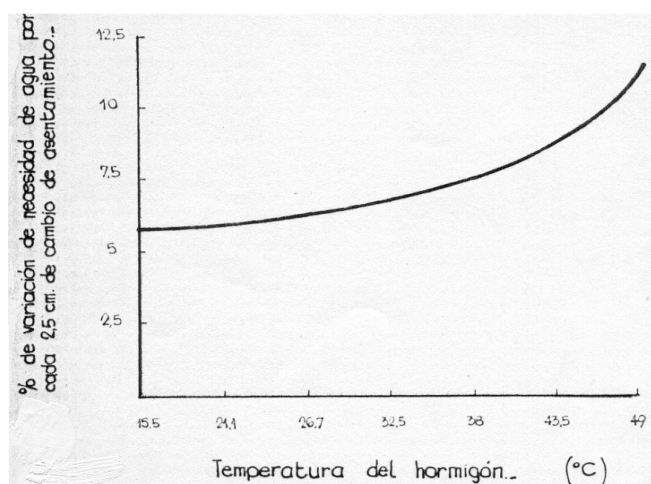


artificial. Es deseable una temperatura del hormigón de 10°C a 15°C para maximizar las propiedades de la mezcla, pero tal temperatura no siempre es posible. Muchas especificaciones requieren sólo que el hormigón tenga una temperatura *igual o* inferior a 29°C a 32°C, durante su colocación. Hay especificaciones para el hormigón elaborado que dicen que se puede encontrar alguna dificultad cuando la temperatura del hormigón se aproxima a 32°C. Sin embargo, esta especificación no presenta una temperatura máxima, a menos que se usen agregados o agua calentados.

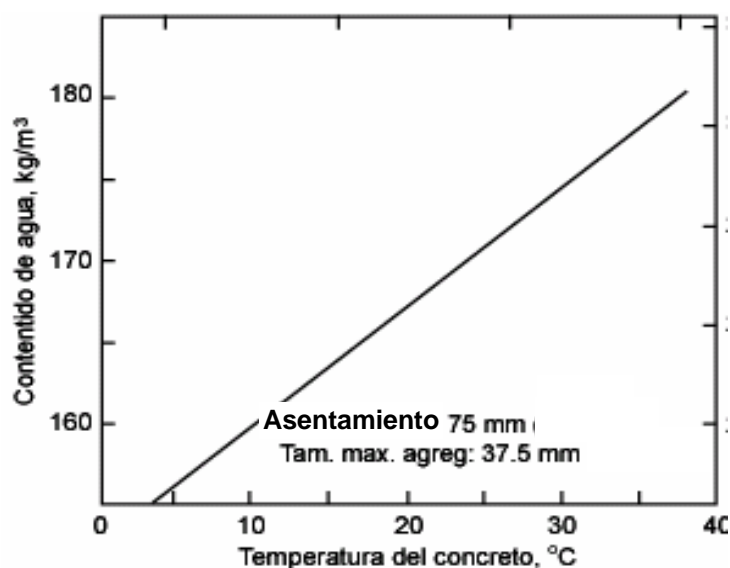
Las precauciones se deben planear con antelación para oponerse a los efectos de las altas temperaturas cuando el hormigón se coloca a una temperatura entre 25°C y 35°C. Las medidas o improvisaciones de última hora para prevenir los daños causados por el clima caluroso normalmente no son eficientes. Si no están disponibles datos de campo aceptables, se debe establecer el límite máximo de temperatura para las condiciones de la obra, con base en pruebas de mezclas hechas a la temperatura y para el espesor de la sección típica anticipados, en vez de realizarlas a temperaturas ideales de 20°C a 30°C.

Si es posible, se deben realizar mezclas para medir sus propiedades en intervalos de tiempo, estableciéndose la relación de la propiedad de interés en función del tiempo, en varias temperaturas de mezcla. Este proceso establece el tiempo máximo permitido para la entrega del hormigón en varias temperaturas. Se hace necesario no solamente el control de la temperatura máxima, sino también la determinación de cuando se deben emplear precauciones para que se produzca un hormigón con la resistencia y la durabilidad deseadas. Para la mayoría de las obras es muy difícil limitar la temperatura máxima del colado del hormigón, pues las circunstancias y los requisitos del hormigón varían ampliamente.

Por ejemplo, la temperatura límite que sirve satisfactoriamente en una obra, podría ser altamente restrictiva en otra. Las condiciones atmosféricas, incluyendo la temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento, juntamente con las condiciones de la obra, influyen las precauciones necesarias. Por ejemplo, el acabado con llana hecho bajo un techo, que se protege de la radiación solar y con muros exteriores que protegen del viento, se podría completar usando hormigón con alta temperatura. Pero la colocación de este hormigón en el mismo día podría ser muy difícil si fuera en ambiente externo expuesto directamente al sol y al viento.



**Figura 1: Porcentaje de variación de demanda de agua en función de la temperatura del hormigón**



**Figura 2: Demanda de agua en función de la temperatura del hormigón**

Cuáles precauciones se deben emplear y cuándo emplearlas depende del tipo de construcción, características de los materiales usados y experiencia del equipo en el colado y acabado del hormigón bajo las condiciones atmosféricas de la obra.

La lista de precauciones siguiente reduce o evita los problemas potenciales de la colocación en clima caluroso:

- Uso de materiales y proporciones que tengan un buen registro en condiciones de clima cálido
- Enfriamiento del hormigón o de uno o más ingredientes
- Uso de un hormigón con una consistencia que permita su rápida colocación y compactación
- Reducción al máximo del tiempo de transporte, colado y acabado
- Programación de la colocación del hormigón para limitar la exposición a las condiciones atmosféricas, como por la noche o durante condiciones favorables del clima.
- Consideración de métodos para limitar la pérdida de humedad durante el colado y el acabado, tales como sombrillas, parabrisas, niebla y rociado.
- Aplicación temporaria, después del acabado, de películas que retienen la humedad
- Organización de una reunión antes del inicio de la construcción para discutir las precauciones necesarias en el proyecto.

## **EFFECTO DE LAS ALTAS TEMPERATURA EN EL HORMIGON**

A medida que la temperatura del hormigón aumenta, hay una pérdida de asentamiento que normalmente se compensa inadvertidamente con la adición de agua al hormigón en la obra. En temperaturas más elevadas, se necesita una mayor cantidad de agua para mantener el asentamiento constante. Con la adición de agua sin la adición de cemento resulta una mayor relación agua-cemento, disminuyéndose la resistencia en todas las edades y afectando negativamente otras propiedades del hormigón endurecido. A este efecto se suma el efecto

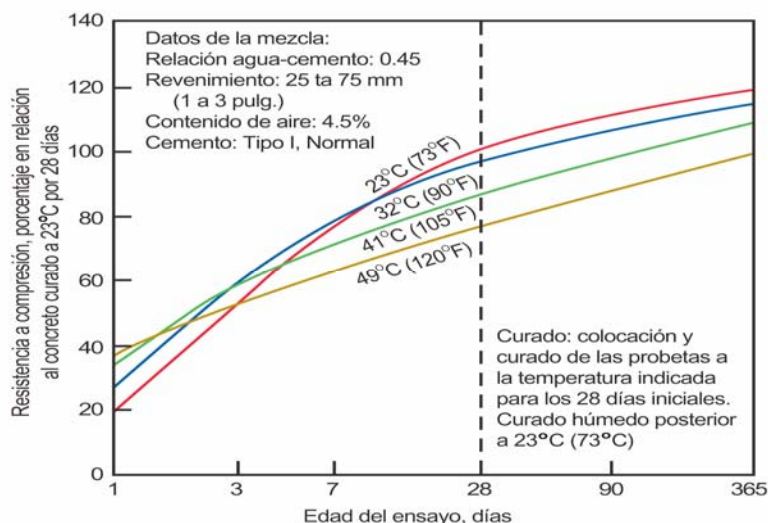


adverso de las altas temperaturas sobre la resistencia a edades más avanzadas, aún cuando no haya adición de agua. La adición de cemento para compensar el aumento del agua de mezcla puede ser insuficiente para que se logren las propiedades deseadas, pues el aumento del contenido de cemento va a aumentar aún más la temperatura del hormigón y la demanda de agua.

Si la temperatura del hormigón fresco aumenta de 10°C para 38°C se hacen necesarios cerca de 20 kg/m<sup>3</sup> de agua adicional para mantener el asentamiento de 75 mm. Este contenido de agua adicional podría disminuir la resistencia en un 12% a 15% y producir probetas con resistencia a compresión que no cumplen las especificaciones.

La alta temperatura del hormigón fresco aumenta la velocidad de fraguado y disminuye el tiempo disponible para el transporte, colocación y terminado. Se puede reducir el tiempo de fraguado en dos o más horas con el aumento 10°C de la temperatura del hormigón. El hormigón debe permanecer en estado plástico el tiempo suficiente para permitir el colado de cada capa sin el desarrollo de juntas frías o discontinuidades. Los aditivos retardadores pueden compensar los efectos de aceleración causados por las altas temperaturas. En clima caluroso, hay un aumento de la tendencia a la formación de fisuras tanto antes como después del endurecimiento. La evaporación rápida del agua del hormigón recién colocado puede causar agrietamiento por contracción plástica antes que la superficie endurezca. Las fisuras también se pueden desarrollar en el hormigón endurecido como resultado del aumento de la contracción por secado debido al aumento del contenido de agua o a los cambios de volumen debidos al efecto térmico a medida que el concreto se enfría.

Por ejemplo, en la Fig. 3 se muestra un ejemplo: si las temperaturas del hormigón en el momento del mezclado, colocación y curado fueron 23°C, 32°C, 41°C y 49°C y después de 28 días, las probetas reciben curado húmedo a 23°C, hasta las edades de ensayo de 90 días y un año, los ensayos, usando hormigones idénticos con la misma relación agua-cemento, muestran que mientras las temperaturas elevadas del hormigón producen resistencias tempranas mayores que a 23°C, en edades más avanzadas las resistencias son menores. Si el contenido de agua ha sido aumentado, para mantener el mismo asentamiento (sin el aumento del contenido de cemento), la reducción de la resistencia es aún mayor.



**Figura 3. Efecto de la temperatura del hormigón sobre la resistencia**



La correcta producción, curado y ensayo a compresión de las probetas de hormigón durante el clima caluroso es fundamental. Se debe garantizar que los procedimientos de las norma con relación al curado de las probetas para ensayos de resistencia para la aceptación y control de calidad del hormigón se cumplan. Si se hace el curado inicial de probetas por 24 horas a 38°C, la resistencia a compresión a los 28 días puede ser de 10% a 15% menor que aquéllas curadas a la temperatura especificada por las normas (Gaynor 1985).

Debido a los efectos perjudiciales de las altas temperaturas, todas las operaciones en el clima caluroso se deben dirigir para mantener el hormigón a temperaturas adecuadas.

### ENFRIAMIENTO DE LOS MATERIALES COMPONENTES DEL HORMIGON

El método usual para enfriamiento del hormigón es la disminución de la temperatura de los materiales antes del mezclado. En el clima cálido, los agregados y el agua de mezcla se deben mantener lo más fríos posible, pues estos materiales tienen una mayor influencia sobre la temperatura del hormigón que los otros materiales. La contribución de cada ingrediente para la temperatura del hormigón se relaciona con la temperatura, calor específico y cantidad de cada material. Es evidente que a pesar que la temperatura del hormigón sea dependiente principalmente de la temperatura de los agregados, el enfriamiento del agua puede ser eficiente.

La temperatura aproximada del hormigón se puede calcular con las temperaturas de los materiales componentes a través de la siguiente ecuación:

$$T = \frac{0,22 ( C.T_c + Gr.T_{gr} + F.T_f ) + H_{gr}.T_{gr} + H_f.T_f + A.T_a}{0,22 ( C + Gr + F ) + H_{gr} + H_f + A}$$

Donde :

$T$  = temperatura del hormigón fresco en °C

$T_{gr}$ ,  $T_c$ ,  $T_f$  y  $T_a$  = temperatura en °C de los agregados, cemento, agua de mezcla y humedad libre en los agregados, respectivamente

$F$ ,  $Gr$ ,  $F$ ,  $A$ ,  $H_{gr}$ ,  $H_f$ : masa en kg de los agregados, cemento, agua de mezcla y humedad libre en los agregados, respectivamente

De todos los materiales en el hormigón, el agua es la más fácil de enfriarse. Como se la usa en menos cantidad que los otros materiales, el agua fría va a producir una reducción moderada en la temperatura del hormigón. Se debe usar el agua de mezcla de una fuente fría. El agua se debe almacenar en depósitos o tanques que no sean expuestos directamente a los rayos del sol. Los tanques y la tubería que llevan el agua de mezcla se deben enterrar, aislar, proteger del sol o pintar de blanco para mantener el agua lo más fría posible. El agua se puede enfriar por refrigeración, nitrógeno líquido o hielo. Al enfriarse el agua cerca de 2.0°C a 2.2°C, se enfría el hormigón cerca de 0,5 °C. Sin embargo, como el agua de mezcla representa sólo un pequeño porcentaje de la mezcla, es difícil bajar la temperatura del hormigón más de 4,5°C, a través del enfriamiento del agua.

El hielo se puede usar como parte del agua de mezcla, siempre que se derrita completamente durante el mezclado. Al usar hielo molido, se debe tener cuidado para almacenarlo en una temperatura que prevenga la formación de terrones.



Cuando se adiciona el hielo como parte del agua de mezclado, se debe considerar el efecto del calor de fusión del hielo, requiriendo una modificación de la ecuación de la temperatura del hormigón fresco. El hielo molido o en escamas es más eficiente que el agua fría para disminuir la temperatura del hormigón. Las cantidades de hielo y agua no deben exceder los requisitos de agua de la mezcla total y el tiempo de mezclado debe ser suficiente para derretir completamente el hielo. El volumen de hielo no debe reemplazar más de 75% del agua total de la mezcla.

La reducción máxima de la temperatura con el uso de hielo se limita a cerca de 11 °C y si se hace necesaria una reducción de temperatura mayor, la inyección de nitrógeno líquido en la mezcladora puede ser la mejor alternativa. El nitrógeno líquido se puede adicionar directamente en el tambor de la mezcladora en la central o en el tambor del camión mezclador para bajar la temperatura del hormigón. Se debe tomar cuidado para prevenir que el nitrógeno líquido no entre en contacto con el metal del tambor, pues el nitrógeno líquido súper frío puede agrietar el tambor. La adición de nitrógeno líquido no influencia por si misma la cantidad de agua de mezcla necesaria, pero la disminución de la temperatura del hormigón puede reducir la demanda de agua.

Los agregados tienen un efecto marcado sobre la temperatura del hormigón fresco porque representan del 70% al 85% de la masa total del hormigón. Para bajar la temperatura del hormigón en 0.5°C se hace necesaria una reducción de la temperatura del agregado grueso de solamente 0.8°C a 1.1 °C. Hay muchos métodos sencillos para mantener el agregado frío. Los acopios de los agregados se deben proteger del sol y se deben mantener húmedos a través del rociado con agua. Como la evaporación es un proceso de enfriamiento, el rociado proporciona enfriamiento eficiente, especialmente cuando la humedad relativa es baja. El rociado del agregado grueso se debe ajustar para prevenir variaciones grandes en el contenido de humedad de la superficie y así causar una pérdida de asentamiento uniforme.

La refrigeración es otro método de enfriamiento de los materiales. Los agregados se pueden sumergir en un tanque con agua fría o se puede hacer circular aire frío en los acopios de almacenamiento.

La temperatura del cemento tiene sólo un pequeño efecto en la temperatura del hormigón debido a su bajo calor específico y cantidad relativamente pequeña. Un cambio de temperatura del cemento de 5°C generalmente va a cambiar la temperatura del hormigón sólo 0,5°C. Como el cemento pierde calor lentamente durante su almacenamiento, aún puede estar caliente cuando se lo entregue. Este calor se produce en la molienda del clinker durante su fabricación. Como la temperatura del cemento afecta en cierto grado la temperatura del hormigón fresco algunas especificaciones presentan límites para su temperatura en el momento de empleo. Sin embargo, es preferible especificar la temperatura del hormigón fresco en lugar de limitar la temperatura de sus ingredientes individuales (Lerch 1955).

## **MATERIALES CEMENTANTES SUPLEMENTARIOS**

Muchos productores de hormigón consideran que el uso materiales cementantes suplementarios es esencial en climas calurosos. Estos materiales son cenizas volantes, otras puzolanas y escoria granulada de alto horno. Estos materiales generalmente bajan la velocidad



de fraguado y la pérdida de asentamiento. Sin embargo se hacen necesarios cuidados durante la terminación superficial porque la tasa de exudación puede ser menor que la tasa de evaporación, resultando fisuración por contracción plástica.

## **PREPARACIÓN ANTES DEL COLADO**

Antes del colado del hormigón en clima cálido, se deben tomar algunas precauciones para mantener o reducir la temperatura del hormigón. Para reducir el calor del sol se deben proteger los equipos tales como mezcladoras, canalones, transportadoras, tolvas, líneas de bombeo y otros para el manejo del hormigón; puede ser necesario pintarlos de blanco o cubrirlos con mantas húmedas.

Los encofrados, armaduras y subrasantes se deben rociar con agua fría un poco antes de la colocación del hormigón. El rociado del área durante las operaciones de colado y acabado no sólo enfría las superficies de contacto y el aire circundante sino también aumenta la humedad relativa. Esto disminuye el aumento de la temperatura del hormigón y minimiza la tasa de evaporación del agua del hormigón. En losas sobre el terreno, el humedecimiento de la subrasante en la noche anterior a la colocación es una buena práctica. No debe haber agua libre ni charcos en el encofrado o subrasante en el momento de la colocación del hormigón.

Durante periodos extremadamente cálidos, los resultados se pueden mejorar restringiéndose el colado por la mañana temprano o por la noche, especialmente en climas áridos. Esta práctica da como resultado menor contracción térmica y menos fisuración de las losas y pavimentos gruesos.

## **TRANSPORTE, COLADO Y ACABADO**

Se debe transportar y colocar el hormigón lo más rápido posible, durante el clima caluroso. Los retrasos contribuyen a la pérdida de asentamiento y al aumento de la temperatura del hormigón. Se debe disponer de mano de obra y equipos suficientes para manejar y colocar el hormigón inmediatamente después de su entrega.

Se debe evitar el mezclado prolongado, incluso a la velocidad de agitación. Si ocurren retrasos, se debe parar la mezcladora y después agitar intermitentemente para minimizar el calor generado por el mezclado. Se requiere que la descarga del hormigón sea en una hora y media o antes que el tambor gire 300 veces, lo que ocurra primero. Durante el clima caluroso, el límite de tiempo se puede reducir para 1 hora o incluso hasta 45 minutos. Si se desea un límite específico de tiempo para la descarga, se debe incluir en la especificación de proyecto. También es razonable obtener datos de ensayo de las mezclas de prueba simulando el tiempo, mezclado y anticipándose la temperatura del hormigón, para que, si es necesario, se especifique una reducción en el límite del tiempo.

Como el fraguado es más rápido en clima caluroso, se debe tomar un cuidado extra con las técnicas de colocación para prevenir juntas frías. En el colado de muros, se pueden especificar capas menos profundas para asegurar el tiempo suficiente para la consolidación con la capa anterior. Las sombrillas y parabrisas (pantallas) temporarios ayudan a minimizar la formación de juntas frías.





El emparejado de las losas se debe efectuar inmediatamente después que el brillo del agua haya desaparecido de la superficie o cuando el hormigón pueda soportar el peso de la persona que va a hacer el acabado, con no más que 5 mm de deformación. El acabado en días secos y ventosos requiere más cuidados. El secado rápido de la superficie del concreto puede causar fisuración por contracción plástica.

## FISURACIÓN POR CONTRACCIÓN PLÁSTICA

La fisuración por contracción plástica (agrietamiento por retracción plástica) a veces ocurre en la superficie del hormigón fresco en seguida de la colocación, mientras se lo está acabando o poco después de esto. Estas fisuras que aparecen principalmente en superficies horizontales se pueden eliminar considerablemente si se toman medidas preventivas.

La fisuración por contracción plástica se asocia normalmente con la colocación en clima cálido, sin embargo puede ocurrir en cualquier ambiente que produzca evaporación rápida. Estas fisuras ocurren cuando el agua se evapora de la superficie más rápidamente que el apareamiento del agua de exudación, pues crea un secado rápido y esfuerzos de tracción, resultando fisuras cortas e irregulares. A continuación se presentan las condiciones que aumentan la evaporación de la humedad y la posibilidad de agrietamiento por contracción plástica:

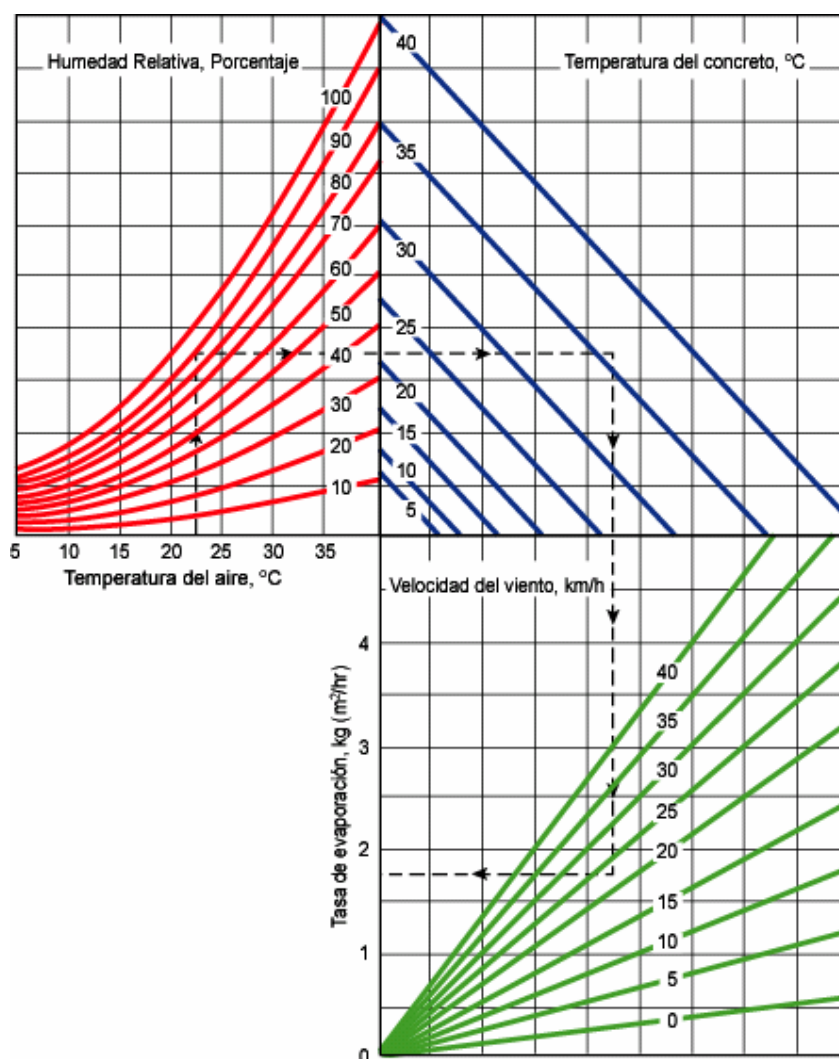
1. Alta temperatura del aire
2. Alta temperatura del concreto
3. Baja humedad
4. Alta velocidad del viento

La longitud de las fisuras es generalmente de 50 a 1000 mm y están espaciadas de manera irregular de 50 a 700 mm.

La Figura 4 es útil para la tomar la decisión de cuando se hace necesario tomar las precauciones. No hay manera de predecir con seguridad cuando va a ocurrir la fisuración por contracción plástica. Cuando la **tasa de evaporación excede  $1 \text{ kg/m}^2$  por hora** son obligatorias medidas preventivas, tales como parabrisas o pantallas.

En algunas mezclas de hormigón, tales como aquellas que contienen puzolanas, la fisuración puede ocurrir cuando la tasa de evaporación excede  $0,5 \text{ kg/m}^2$  por hora. El hormigón con humo de sílice es especialmente propenso a la fisuración por contracción plástica, pues la tasa de exudación es normalmente sólo  $0,25 \text{ kg/m}^2$  por hora. Por lo tanto, cuando la velocidad de evaporación es baja, es esencial la protección contra el secado prematuro.

En cierto momento del endurecimiento, la tasa de exudación llega a cero y la superficie se empieza a secar con una tasa de evaporación más baja que las típicamente especificadas de  **$1 \text{ kg/m}^2$  por hora**; en estos casos, se hace necesaria la protección sin importar el tipo de hormigón.



**Figura 4: nomograma que relaciona la velocidad de evaporación con temperatura del aire, humedad relativa del hormigón y velocidad del viento**

Una o más de las precauciones listadas abajo pueden minimizar la ocurrencia de contracción plástica. Se las debe considerar al planearse la construcción en clima cálido o al encontrarse con este problema después que la obra se haya empezado.

Se presenta la lista en el orden en que se deben realizar durante la construcción:

- Humedecer los agregados que estén secos y son absorbentes.
- Mantener la temperatura del hormigón baja a través del enfriamiento de los agregados y del agua de mezcla.
- Humedecer la subrasante y los encofrados antes de la colocación del hormigón.
- Levantar los parabrisas (pantallas) temporarios para reducir la velocidad del viento sobre la superficie del hormigón.
- Levantar sombrillas o media sombra temporarias para reducir la temperatura sobre la superficie del hormigón.
- Proteger el hormigón con cubiertas temporarias, tales como los forros de polietileno, durante cualquier retraso significativo entre la colocación y el acabado.



- Rociar la losa inmediatamente después de la colocación y antes del acabado, tomando cuidado para prevenir la acumulación de agua que reduce la calidad de la pasta de cemento en la superficie de la losa.
- Adicionar fibras plásticas a la mezcla de hormigón para ayudar a disminuir la formación de fisuras plásticas.

El rociado del hormigón antes y después del acabado final es el método más eficiente para minimizar la evaporación y reducir la fisuración por contracción plástica. El uso de rociado con agua va a aumentar la humedad relativa del ambiente sobre la losa, disminuyendo la evaporación del hormigón. La boquilla de aspersión vaporiza el agua usando presión para crear una manta de niebla. No se la debe confundir con la boquilla de las mangueras para jardín, que deja un exceso de agua sobre la losa. Se debe rociar continuamente hasta que se aplique el material de curado, tal como los compuestos de curado, estopa húmeda o papel de curado.

Otros métodos para prevenir la pérdida rápida de humedad de la superficie del hormigón incluyen:

- Aplicación de películas para retener la humedad (normalmente polímeros). Estos compuestos se pueden aplicar inmediatamente después del enrasado para reducir la evaporación del agua antes de las operaciones finales de acabado y antes que empiece el curado. Estos materiales se aplanan y se alisan en la superficie durante el acabado y no deben presentar efectos adversos sobre el hormigón o inhibir la adhesión de los compuestos formadores de membrana.
- Reducción del tiempo entre colocación e inicio del curado, eliminándose los retrasos durante la construcción.

Si las fisuras plásticas aparecen durante el acabado, alisar cada lado de la fisura con una llana y proceder el acabado nuevamente puede cerrar las fisuras. Sin embargo, las fisuras pueden ocurrir nuevamente a menos que se corrijan las causas.

## **CURADO Y PROTECCIÓN**

El curado y la protección son más importantes en clima calurosos que en periodos templados. El mantener los encofrados en su lugar no se puede considerar un sustituto satisfactorio del curado en clima cálido. Se los debe retirar tan pronto como posible sin causar daños al hormigón. Entonces, se debe aplicar agua encima de la superficie expuesta, por ejemplo, con una manguera de regar suelo, permitiendo que se mueva hacia dentro del encofrado. En el hormigón endurecido y sobre superficies planas, el agua de curado no puede estar 11°C más fría que el hormigón. Esto va a minimizar la fisuración causada por tensiones térmicas debidas a diferencias de temperatura entre el hormigón y el agua.

La necesidad de curado húmedo es mayor durante las primeras horas después del acabado. Para prevenir el secado de las superficies expuestas, el curado húmedo debe comenzar tan pronto como se lo haya acabado y debe continuar por lo menos por 24 horas. En clima caluroso, es preferible el curado húmedo continuo durante todo el periodo de curado. Sin embargo, si el curado húmedo no puede continuar por más de 24 horas, mientras la superficie aún está húmeda, se debe proteger el hormigón del secado a través de papel para curado, una lámina plástica que refleja el calor o compuestos de curado formadores de membrana.



Los compuestos de curado blancos se pueden usar sobre superficies horizontales. La aplicación de compuestos de curado durante el clima cálido debe preceder en 24 horas al curado húmedo. Si esto no es práctico, se debe aplicar el compuesto inmediatamente después del acabado final. Las superficies de hormigón deben estar húmedas. Las superficies curadas húmedas se deben secar lentamente después del periodo de curado para reducir las posibilidades de fisuración de la superficie. El ahogarado, una red de fisuras finas que no penetran muy debajo de la superficie, se causa por la contracción de ésta. Estas fisuras son muy finas y difícilmente visibles excepto cuando el hormigón se seca después que la superficie se ha mojado. Las fisuras rodean pequeñas áreas de hormigón (menores que 50 mm).

## ADITIVOS

En casos poco comunes, en clima caluroso y donde la inspección cuidadosa se mantiene, el aditivo retardador puede ser benéfico para el retraso del fraguado, a pesar de aumentar la velocidad de pérdida de asentamiento.

La incorporación de aire también se afecta por el clima caluroso. En temperaturas elevadas, es necesario un aumento del contenido de aditivo para la producción de un determinado contenido de aire. Se deben ensayar los aditivos con los materiales de obra, bajo las condiciones de obra, antes del inicio de la construcción, para determinar su compatibilidad con los ingredientes básicos del hormigón y su capacidad para producir los resultados deseados, bajo condiciones particulares.

## CALOR DE HIDRATACIÓN

El calor generado durante la hidratación aumenta la temperatura del hormigón en mayor o menor grado, dependiendo del volumen de hormigón colocado, del medio ambiente circundante, de la cantidad de cemento y del tipo de cemento portland empleado. Como regla general hay un aumento de 5°C a 9°C de temperatura para cada 45 kg de cemento portland, resultante de la hidratación del cemento. Puede haber casos en los trabajos en hormigonado en clima caluroso y en la colocación de hormigón masivo, en que tengan que adoptar medidas especiales para contener la generación del calor de hidratación y evitar cambios volumétricos térmicos para controlar la fisuración.

## BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA

- ACI Committee 305, Hot-Weather Concreting, ACI 305R-99, American Concrete Institute, Michigan. 1999.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS REGLAMENTOS NACIONALES DE SEGURIDAD DE OBRAS CIVILES. 1982. **Reglamento CIRSOC 201**. Proyecto, cálculo y ejecución de estructuras de hormigón armado. INTI Editor. 1 y 2. Buenos Aires.
- Concreto: Ensino, Pesquisa e realizações. Ed. G.C. Isaia. IBRACON. 2005.
- Kosmatka, S. H. Kerkhoff, B. Panarese, W.C. Tanesi, J. Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Portland Cement Association. 2004.
- Kumar Metha, P. Monteiro, P. Concreto. Microestrutura, Propriedades e Materiais. Editora IBRACON. 2008.
- Neville, A.M. Brooks, J.J. Tecnología del Concreto. Editorial Trillas. 1998.