CURADO DEL HORMIGÓN

(Traducción de Concrete Information, de la Portland Cement Association titulada "Curing of Concrete")

Las propiedades del hormigón, tales como la durabilidad frente a los ciclos de congelación y deshielo, resistencia mecánica, impermeabilidad, estabilidad volumétrica y resistencia al desgaste, mejoran con la edad mientras existan condiciones favorables para la continuidad del proceso de hidratación del cemento. Este mejoramiento crece rápidamente a edades tempranas y continúa, más lentamente, por un lapso indefinido, como muestra la Fig. 1, para la resistencia a la compresión. Dos condiciones se requieren para que tengan lugar tales mejoras: (1) la presencia de humedad y (2) una temperatura adecuada.

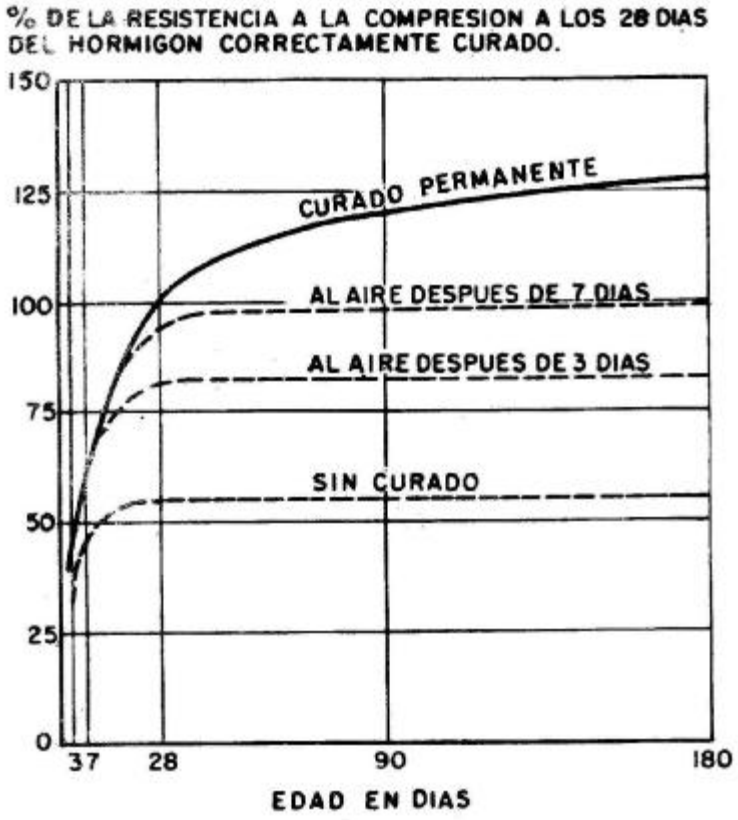
Cuando se interrumpe el curado húmedo, el aumento de resistencia prosigue por un corto período y luego se detiene, pero si el curado se reinicia la resistencia vuelve a incrementarse. Si bien esto puede realizarse en el laboratorio es difícil, en la generalidad de los casos, volver a saturar el hormigón en la obra. Los mejores resultados se obtienen mediante el curado húmedo continuo del hormigón desde el momento en que es colocado hasta que ha adquirido la calidad deseada.

Una evaporación excesiva de agua en el hormigón recién colocado puede retardar apreciablemente el proceso de hidratación del cemento a edad temprana. La pérdida de agua también provoca la retracción del hormigón, generando tensiones de tracción en la superficie expuesta. Si estas tensiones se desarrollan antes que el hormigón haya alcanzado suficiente resistencia, pueden aparecer fisuras superficiales. Todas las superficies expuestas, incluyendo las de bordes y juntas, deben ser protegidas contra la evaporación.

La hidratación progresa muy lentamente cuando la temperatura del hormigón es baja. Temperaturas por debajo de los 10º C son desfavorables para el desarrollo de resistencias a edad temprana; debajo de los 4,5º C el aumento de resistencia a edades tempranas se

retarda considerablemente y en las proximidades o debajo del punto de congelación hay muy poco o ningún aumento de la resistencia. De aquí se deduce que el hormigón debe ser protegido para mantenerlo a una temperatura adecuada para la hidratación del cemento y para evitar pérdidas de humedad durante el período inicial de endurecimiento.

Fig. 1 – La resistencia del hormigón continúa aumentando con la edad mientras la humedad y la temperatura sean adecuadas para la hidratación del cemento.



MÉTODOS DE CURADO

La humedad del hormigón puede ser mantenida (y, en algunos casos, a temperatura adecuada) mediante diversos métodos de curado, que se pueden clasificar como sigue:

1. Métodos que suministran humedad adicional a la superficie del hormigón durante el período inicial de endurecimiento. Estos incluyen la inundación o inmersión, el rociado o pulverización y el uso de cubiertas húmedas. Tales métodos proporcionan, por efecto de la evaporación, cierto grado de enfriamiento, que es beneficioso en tiempo caluroso.

2. Métodos que impiden las pérdidas de humedad mediante el sellado o impermeabilización de la superficie del hormigón. Esto puede conseguirse empleando papel impermeable, películas plásticas, compuesto de curado y por medio de los moldes y encofrados dejados en su lugar.

3. Métodos que aceleran el endurecimiento del hormigón, suministrándole calor y humedad. Esto se lleva usualmente a cabo mediante vapor vivo o resistencias eléctricas.

El método o la combinación de los métodos seleccionados dependen de factores tales como la disponibilidad de materiales de curado, complejidad y dimensiones de la superficie del hormigón, aspecto estético y economía.

Inundación o Inmersión:

En superficies tales como las de los pavimentos, veredas y pisos, puede recurrirse al curado por inundación. Diques de tierra o arena dispuestos sobre el perímetro de la superficie a curar, retienen el agua dentro de ella, formando un estanque. Además de constituir un método eficiente para evitar pérdidas de humedad en el hormigón, el curado por inundación es también efectivo para mantener a aquél a una temperatura uniforme. Sin embargo la temperatura del agua de curado no deberá estar más de unos 11º C por debajo de la del hormigón para prevenir tensiones de origen térmico, que podrían fisurarlo. Como este método requiere considerable supervisión y mano de obra, frecuentemente no resulta práctico, excepto para pequeñas obras. El método de inundación no es recomendable cuando el hormigón fresco está expuesto a temperaturas de congelación.

El método de curado húmedo más efectivo, aunque raramente usado, consiste en la total inmersión en agua del elemento de hormigón terminado. Este método ha sido usado con cierta frecuencia en la industria de la prefabricación, pero su uso es más común para el curado

de probetas de hormigón en laboratorio. Cuando es importante mantener la apariencia superficial, el agua a usar para el curado, por inundación o inmersión, deberá estar libre de substancias que pedan manchar o decolorar el hormigón.

Rociado o Pulverización:

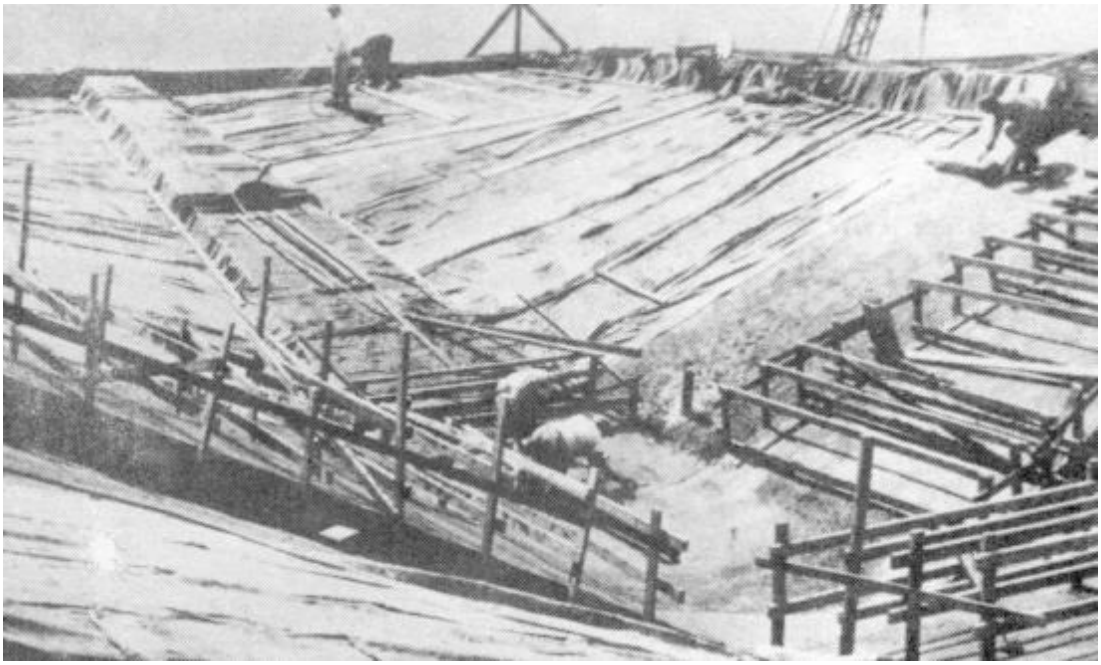
El rociado o pulverización con agua es un excelente método de curado cuando la temperatura está bien por encima de la congelación. Una fina pulverización de agua puede aplicarse en forma continua por medio de un sistema de picos o una barra regadora. Los rociadores comunes para jardín son efectivos siempre que cubran toda el área a curar y el escurrimiento del agua no origine inconvenientes.

Una desventaja del rociado o pulverización puede ser su costo. Este método requiere un adecuado suministro de agua y cuidadosa supervisión. Si los riegos se hacen a intervalos, deberá cuidarse de evitar el secado del hormigón entre sucesivos riegos; los correspondientes ciclos de humedecimiento y secado pueden causar el agrietamiento del hormigón. Deberá cuidarse también que el agua de rociado no erosione la superficie del hormigón fresco.

Cubiertas húmedas:

Cubiertas de arpillera (Fig. 2), esteras de algodón u otras con capacidad para retener la humedad, son usadas extensamente para el curado. Puede disponerse también de arpillera tratada, que refleje la luz y sea resistente a la putrefacción y al fuego. Los requerimientos que debe cumplir la arpillera están descriptos en las "Especificaciones para Telas de Arpillera de Yute o Similares"(Asociación de Funcionarios Viales y de Transporte del Estado, AASHTO, M182 y los correspondientes para cubiertas de arpillera blanca de polietileno aparecen en la "Especificación para Material en Láminas para el Curado del Hormigón"(Sociedad Americana para Ensayo de Materiales – ASTM- C 171 o AASHTO M171.

Fig.2 – Aplicación de arpillera húmeda, inmediatamente después de las operaciones de terminación, para conseguir un curado húmedo efectivo, sobre una cubierta en paraboloide hiperbólico. Nótese al obrero regando la arpillera para mantenerla continuamente húmeda.



La arpillera debe estar libre de aprestos o cualquier sustancia nociva para el hormigón o que cause su decoloración. La arpillera nueva deberá ser bien lavada con agua para remover las sustancias solubles y hacerla más absorbente.

Las cubiertas mojadas deberán ser colocadas tan pronto como es estado de hormigón lo permita, evitando dañar la superficie. Deberá tenerse cuidado de cubrir toda la superficie expuesta, incluyendo los bordes de las losas, como las de pavimentos y veredas. Las cubiertas deberán mantenerse continuamente húmedas a fin de que permanezca sobre la superficie del hormigón una lámina de agua, a través de todo el período de curado.

Las capas húmedas de tierra, arena y aserrín de la mayoría de las maderas (1), son efectivas para el curado, pero en años recientes su uso ha sido restringido debido a su alto costo. Sin embargo este método frecuentemente es útil en obras pequeñas. Los materiales mencionados deben ser distribuidos uniformemente sobre la superficie del hormigón previamente humedecida (2), con un espesor de alrededor de 5 cm y mantenidos permanentemente húmedos.

El heno o la paja húmedos pueden ser utilizados en el curado de superficies planas. Este método ha sido reemplazado por otros procedimientos de curado que ahorran mano de obra. Si se usan dichos materiales, deben ser colocados en capas de un espesor mínimo de 15 cm, debidamente resguardados contra la acción del viento y mantenidos permanentemente húmedos.

La mayor desventaja del uso de tierra, arena, aserrín, paja o heno en el curado consiste en la posibilidad de decoloración del hormigón, que afectaría su apariencia.

Papel Impermeable:

El papel impermeable utilizado para el curado del hormigón consiste de dos láminas de papel Kraft adheridas entre sí por un ligante bituminoso y provistas de un refuerzo de fibras. Satisfaciendo las normas ASTM C171 o AASHTO M171 este material es un eficiente medio de curado para superficies horizontales o estructuras de formas relativamente simples. Una importante ventaja de este método es que no son necesarios riegos periódicos de agua. El curado con papel impermeable asegura una adecuada hidratación del cemento, impidiendo pérdidas de humedad del hormigón (Fig. 3)

Fig. 3.- El papel impermeable para curado es eficaz para prevenir la evaporación de la humedad superficial.

Las láminas de papel, del mayor ancho que sea practicable, deberán aplicarse sobre la superficie del hormigón tan pronto como éste haya endurecido suficientemente, para evitar dañarlo y luego que la superficie haya sido completamente humedecida (3). Los bordes de las láminas adyacentes deberán solaparse suficientemente y sellarse con arena, tablones de madera, cinta adhesiva, mastic o cola. Las láminas deberán llevar pesos encima (4) que las mantengan en estrecho contacto con la superficie del hormigón durante todo el período de curado.

El curado con papel impermeable puede causar manchas por decoloración, especialmente si el hormigón contiene cloruro de calcio y la terminación ha sido efectuada con llana metálica. Esta decoloración ha sido observada cuando el papel se colocó con arrugas. En una obra de importancia, resulta dificultoso y requiere tiempo alisar el papel para hacer desaparecer las arrugas que éste puede formar. La decoloración puede ser evitada inundando ocasionalmente la superficie por debajo de las láminas, pero cuando es importante lograr uniformidad de color, deberá recurrirse a otros métodos de curado.

El papel del curado provee al hormigón de cierta protección contra daños inherentes a las posteriores operaciones constructivas, como

también lo preserva de la acción directa del sol. Deberán inspeccionarse las láminas para detectar la presencia de rasgaduras o agujeros, que permitirán pérdidas de humedad, en desmedro de la efectividad del curado. El papel deberá ser de color claro y no manchar el hormigón, siendo preferible usar papel de color blanco cuando se trabaja en tiempo caluroso (5).

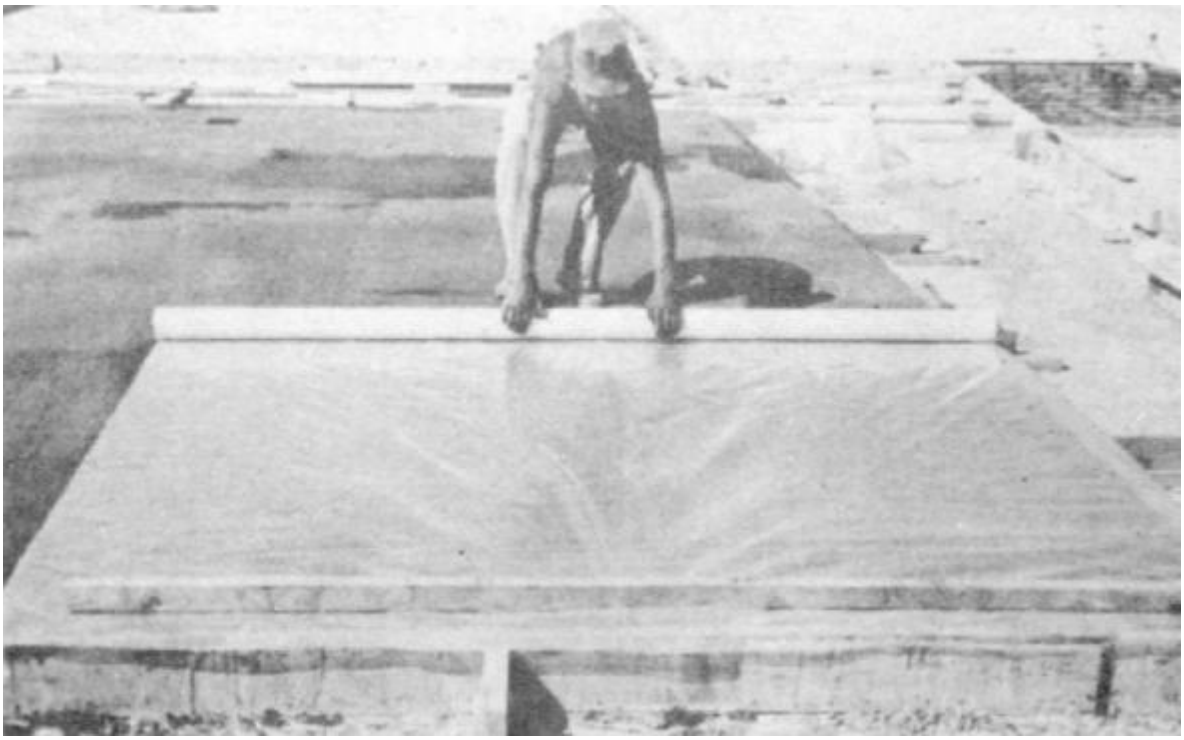
Láminas de Material Plástico:

Para el curado del hormigón se usan también láminas de material plástico, como las de polietileno. (Fig. 4).

Estas láminas son muy livianas, constituyen una barrera efectiva contra la humedad y son fácilmente aplicables tanto sobre superficies simples como complejas. La forma de aplicación es la misma que la descripta anteriormente para el papel impermeable. Como en el caso de este último, el curado con láminas de polietileno puede causar manchas por decoloración si las láminas no se mantienen bien extendidas sobre la superficie del hormigón.

Este material deberá cumplir las normas ASTM C171 ó AASHTO M171. Ambas especifican un espesor (6) de 100 micrones y se refieren únicamente a láminas opacas de color claro o blanco. Sin embargo, las láminas de color negro son satisfactorias en ciertas condiciones. Aunque el color blanco es el que debe adoptarse durante la estación calurosa, para reflejar los rayos de sol, el negro puede ser usado en tiempo frío o en lugares cubiertos. Las láminas de color claro tienen muy pequeña influencia en la absorción de calor.

Fig. 4 – Curado con láminas plásticas de polietileno.



Las especificaciones recién mencionadas también incluyen un material que consiste en láminas de arpillera impregnadas en una de sus caras con una película opaca y blanca de polietileno. La combinación de láminas de polietileno adheridas con productos absorbentes, tales como la arpillera, ayuda a retener la humedad en la superficie del hormigón.

Compuestos de Curado:

Los compuestos líquidos capaces de formar membranas de curado, que están constituidos por parafina, resinas, caucho clorado y solventes de alta volatilidad, pueden ser usados para retardar o evitar la evaporación de agua del hormigón (7). Ellos son útiles no solamente para el curado del hormigón fresco, sino también para el posterior curado después de la remoción de los moldes o encofrados o después del curado húmedo inicial.

Los compuestos de curado son de dos tipos: claros o transparentes y con pigmento blanco. Los primeros pueden presentar un tinte fugaz, que desaparece rápidamente después de su aplicación. Esto ayuda a asegurar un completo recubrimiento de la superficie expuesta del

hormigón. Durante los días soleados y calurosos, los compuestos con pigmento blanco son más efectivos ya que reflejan los rayos del sol, reduciendo así la temperatura del hormigón. Los compuestos pigmentados deberán ser mantenidos en agitación dentro de los recipientes para evitar que el pigmento sedimente.

Los compuestos líquidos se aplican mediante equipos de accionamiento manual o mecánico, después de las operaciones de terminación del hormigón y una vez que ha desaparecido el brillo superficial (Fig. 5). Normalmente la superficie del hormigón deberá estar saturada cuando se aplica el producto, de tal manera que éste no sea absorbido por los poros superficiales. No obstante, en días secos, calurosos y ventosos o durante períodos con condiciones climáticas adversas, que pueden dar lugar a la fisuración plástica, la aplicación del producto de curado inmediatamente después de efectuada la terminación y antes que se evapore todo el agua superficial, puede evitar la formación de fisuras. Los equipos distribuidores con accionamiento mecánico son recomendables para lograr una aplicación uniforme en obras importantes. Para evitar pérdidas del producto por acción del viento estos equipos deberán estar provistos de picos pulverizadores y pantallas protectoras.

Normalmente se aplica el producto en una sola capa uniforme, pero puede ser necesario hacerlo en dos capas para asegurar un recubrimiento completo. Cuando se efectúa una segunda aplicación ésta deberá realizarse en dirección perpendicular a la primera. Deberá lograrse un completo recubrimiento de la superficie, debido a que aún los pequeños huecos en la membrana permitirán la evaporación de la humedad del hormigón.

Los compuestos de curado pueden impedir la adherencia entre el hormigón fresco y el endurecido; consiguientemente aquellos productos no deberán ser usados cuando es necesario conseguir adherencia. Por ejemplo, no deberán aplicarse compuestos de curado a la losa de base de un piso de dos capas, ya que aquellos pueden impedir la adherencia de la capa superior. De igual forma, algunos compuestos de curado afectan la adherencia de la pintura o de los revestimientos elásticos sobre los pisos de hormigón. Para determinar si un producto pertenece a esta categoría, deberá consultarse a su fabricante.

Los compuestos de curado deberán responder a las especificaciones para "Compuestos Líquidos que Forman Membranas para el Curado del

Hormigón”(ASTM C309 ó AASHTO M148) ó también a la de “Curado del Hormigón, Líquidos que forman Membrana”, (Junta de Especificaciones del Gobierno Canadiense 90-GP – la). En el “Método de Ensayo de Retención de Agua en Materiales para el Curado del Hormigón”(ASTM C156 ó AASHTO T155) se describe un método para determinar la eficiencia de los compuestos de curado, así como del papel impermeable y de las membranas plásticas (8).

Fig. 5 – Aplicación de un compuesto líquido de curado de color blanco, mediante equipo distribuidor manual.

Encofrados y moldes Dejados en Sitio.

Los Encofrados proveen protección satisfactoria contra las pérdidas de humedad, si la superficie expuesta superior del hormigón se mantiene

húmeda. Una manguera para riego es excelente para este fin. Los moldes deberán dejarse colocados tanto como sea posible.

Los encofrados de madera que se dejan colocados deben mantenerse saturados mediante rociado, especialmente durante tiempo caluroso y seco. De no procederse así, los encofrados deberán ser removidos tan pronto como sea posible y aplicarse sin pérdida de tiempo otro procedimiento de curado.

Curado con Vapor

El curado con vapor es ventajoso cuando es importante desarrollar una resistencia temprana en el hormigón o cuando se requiere calor adicional para completar la hidratación, como en el hormigonado en tiempo frío. Dos métodos se usan actualmente para desarrollar mayor resistencia inicial mediante curado por vapor: curado con vapor a la presión atmosférica (para estructuras cerradas moldeadas en sitio y piezas prefabricadas de hormigón) y curado a alta presión en autoclave (para pequeñas unidades prefabricadas).

El ciclo de curado por vapor consiste en (1) un intervalo inicial de espera, previo a la acción del vapor: (2) un período de incremento de temperatura; (3) un período en que se mantiene la temperatura constante, y (4) un período de disminución de temperatura. Un típico ciclo de curado por vapor a la presión atmosférica se muestra en la Fig. 6. En muchos casos el lapso comprendido entre el moldeo y el cierre del vapor permanece aproximadamente constante en 18 horas.

El curado con vapor a la presión atmosférica se realiza generalmente en una cámara de vapor u otro recinto cerrado, para disminuir al mínimo las pérdidas de calor y humedad. Las lonas impermeables se usan frecuentemente para formar el recinto (carpa). La aplicación de vapor dentro del recinto deberá demorarse como mínimo dos horas después de finalizada la colocación del hormigón, para permitir cierto endurecimiento del colocado recientemente. No obstante, una demora de 4 a 5 horas, previa a la inyección del vapor, permitirá obtener máximas resistencias iniciales, como indica la Fig. 7. La resistencia no aumenta significativamente si la máxima temperatura del vapor es llevada de 65 a 80º C. Deberán evitarse temperaturas máximas del vapor por encima de los 82º C; ellas son antieconómicas y pueden conducir a una inaceptable reducción de la resistencia final.

Fig. 6 – Ejemplo de un ciclo típico de curado con vapor a presión atmosférica.

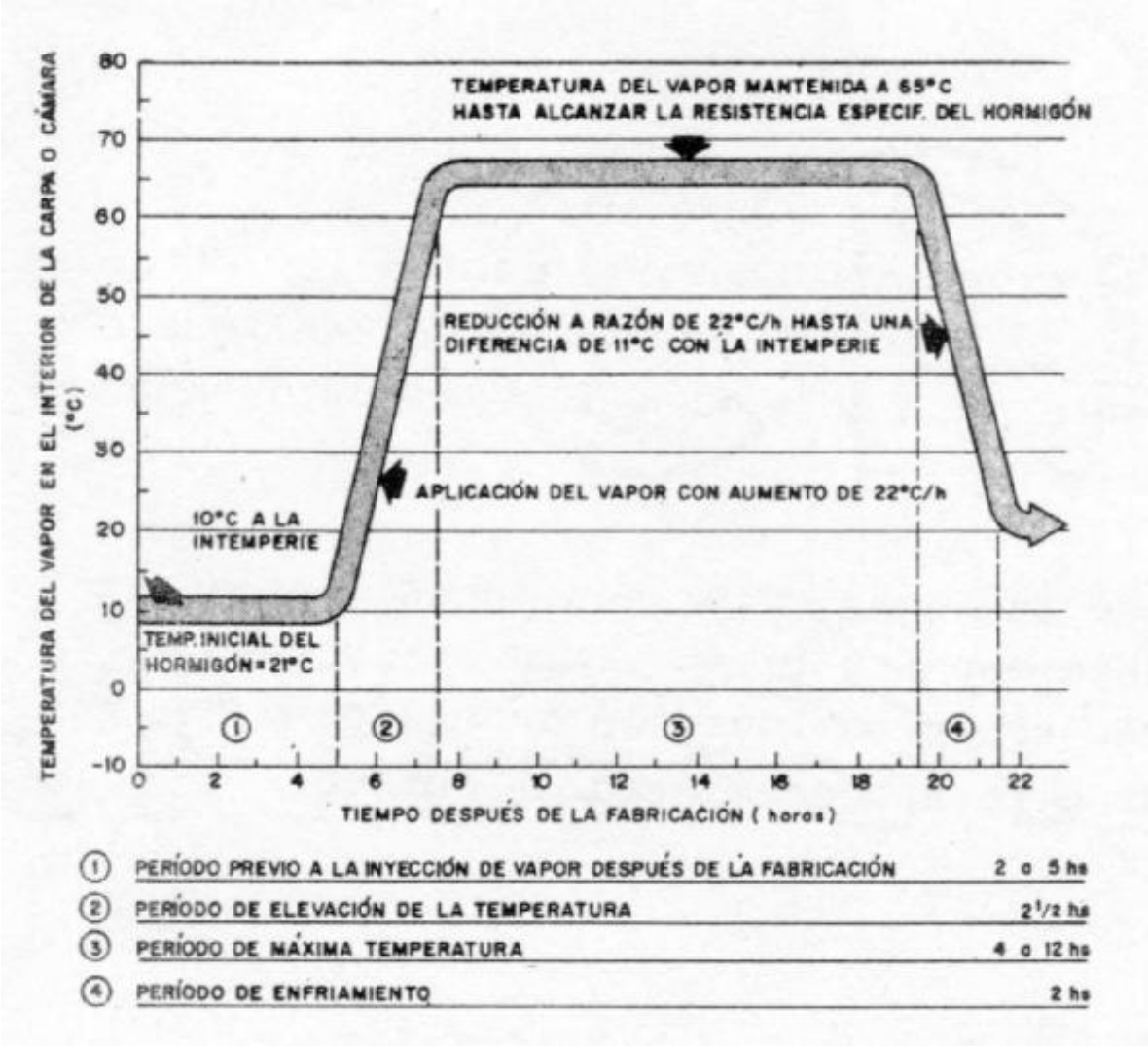
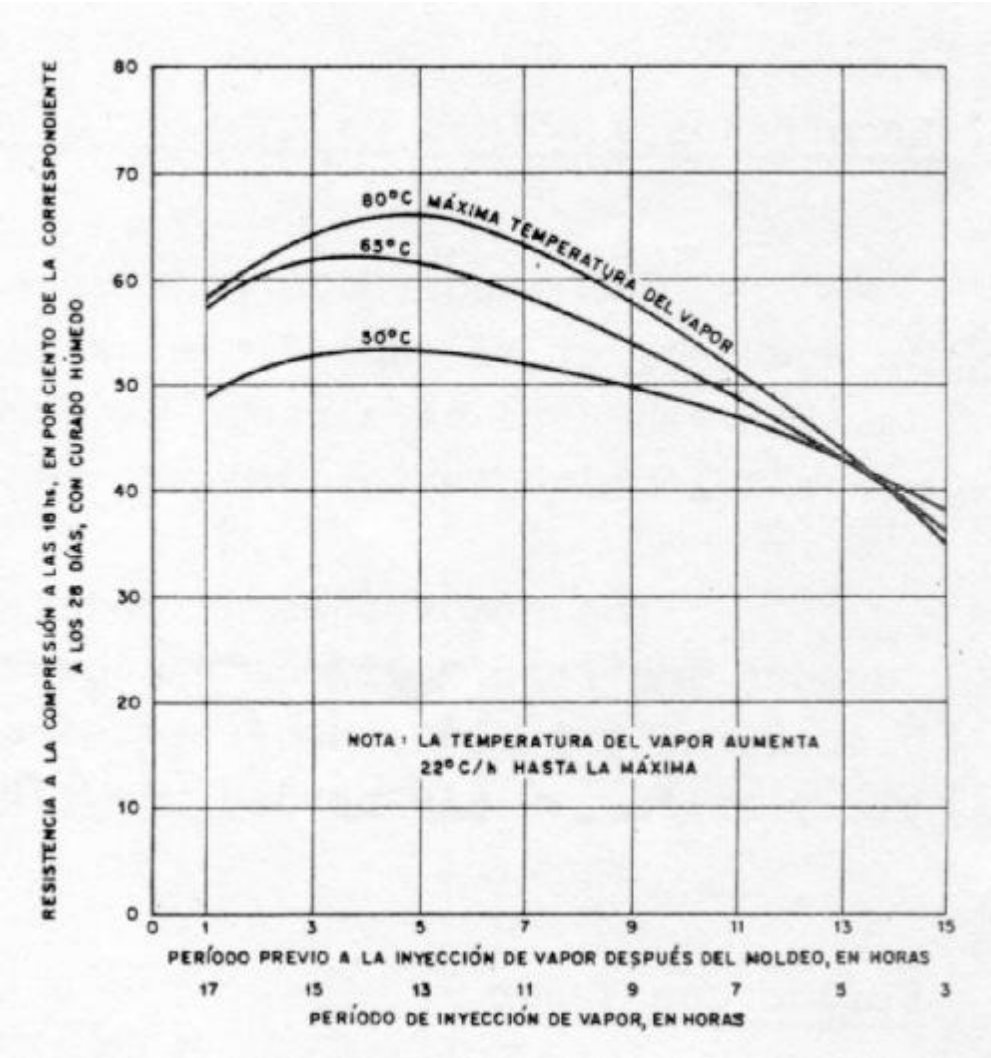


Fig. 7 – Relación entre la resistencia a 18 horas y el período previo a la introducción del vapor, para varias temperaturas de vapor. En cada caso dicho período más el suministro de vapor totalizan 18 horas, como es práctica común en muchas plantas de prefabricación (9).



Deberán impedirse excesivas velocidades de calentamiento y enfriamiento durante el curado con vapor a la presión atmosférica, para evitar cambios volumétricos que dañen al hormigón. Las temperaturas

dentro del recinto o cámara, alrededor del hormigón, no deberán aumentar o disminuir en más de 22 º C por hora.

La temperatura máxima del vapor dentro del recinto deberá ser mantenida hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia deseada. El tiempo necesario depende de las características de la mezcla y de la temperatura del vapor. Para el curado con vapor a alta presión en autoclave se emplean temperaturas más elevadas, en el rango de 165 a 190 º C, y presiones correspondientes de alrededor de 5,5 a 12,0 kg/cm2. La hidratación se acelera grandemente y las elevadas temperaturas y presiones pueden producir reacciones químicas adicionales beneficiosas entre los agregados y/o las substancias cementicias, que no ocurren durante el curado con vapor a baja presión.

Duración del Período de Curado.

El lapso en el que el hormigón debe ser protegido contra las pérdidas de humedad, depende del tipo de cemento, las proporciones de la mezcla, la resistencia exigida, el tamaño y la forma de la sección de hormigón y las futuras condiciones ambientales a que estará expuesto. Este período puede ser de tres semanas, o mayor para mezclas pobres, como las que se utilizan en estructuras tales como presas. Inversamente, puede ser de pocos días para mezclas ricas, especialmente si se usa el cemento de alta resistencia inicial. Los períodos de curado con vapor son normalmente mucho más cortos.

Ya que todas las propiedades deseables en el hormigón mejoran con el curado, el período de curado debería prolongarse tanto como sea practicable en todos los casos. Para losas de hormigón que apoyan sobre el terreno (pisos, pavimentos de carreteras y de aeropuertos, revestimientos de canales, playas de estacionamiento, calzadas para coches, veredas, etc.) y para hormigones estructurales (muros, columnas, losas, vigas, pequeñas zapatas, muelles, muros de contención, tableros de puentes, etc.), el período de curado en ambientes con temperaturas por encima de los 4,5 º C debería ser, como mínimo de 7 días o el tiempo necesario para alcanzar el 70% de la resistencia a compresión o flexión especificadas, según cual fuere el período menor. Si se realizan ensayos de resistencia, los cilindros o las vigas de hormigón representativos deberán mantenerse en lugares adyacentes a la estructura o al pavimento y curados por los mismos métodos.

Puesto que la velocidad de hidratación está influenciada por la composición y fineza del cemento, el período de curado debería prolongarse para hormigones elaborados con cementos que posean características de desarrollo lento de la resistencia. En hormigones masivos (más frecuentemente usados en grandes muelles, esclusas, estribos, presas, grandes macizos de fundación y grandes vigas y columnas) que no contienen cementos con puzolanas, el curado de las piezas que no llevan armadura deberá prolongarse dos semanas como mínimo. Si el hormigón en masa contiene cementos con puzolanas el mínimo tiempo de curado para secciones sin armadura deberá extenderse a tres semanas. El hormigón en masa con fuerte armadura deberá ser curado por un mínimo de 7 días.

En tiempo frío, se requiere frecuentemente suministrar calor para mantener una adecuada temperatura de curado (10 a 21º C). Esto puede conseguirse mediante quemadores a gas o petróleo o resistencias eléctricas y un ventilador, o con vapor vivo. En todos los casos deberá tenerse cuidado de evitar pérdidas de humedad del hormigón. (10).

Los hormigones elaborados con cementos de alta resistencia inicial pueden también emplearse en tiempo frío para acelerar el fraguado y el desarrollo de la resistencia. Esto puede reducir el período de curado de 7 a 3 días, pero durante ese lapso deberá mantenerse el hormigón a una temperatura mínima de 10º C.

Para una adecuada resistencia al ataque de las sales anticongelantes el período mínimo de curado correspondiente generalmente al tiempo requerido para alcanzar la resistencia del hormigón prevista en el proyecto. Un período de secado al aire (11), que mejora la resistencia al descascaramiento producido por las sales, deberá ser de un mes, como mínimo, si es posible.

NOTAS ACLARATORIAS

(1) El aserrín de roble y otras maderas que contienen ácido tánico no debe ser usado, puesto que podrían producir daños al hormigón. No obstante, el aserrín de la generalidad de las maderas es aceptable.

(2) Se da por sobreentendido que previamente se ha efectuado el curado inicial mediante arpillera u otro material similar, de acuerdo con lo mencionado al principio de este parágrafo. (N. del T.)

(3) Vale la misma observación formulada en el parágrafo precedente (N. del T.)

(4) Comúnmente se colocan a tal efecto pequeños montículos de arena o tierra (N. del T.)

(5) Véase "Hormigonado en Tiempo Caluroso (ISO 14 T), Portland Cement Association, 1966.

(6) Mínimo (N. del T.)

(7) Los compuestos de curado no son recomendados durante el fin del otoño en los estados del norte de E.E.U.U. y en el Canadá, donde se usan sales para derretir el hielo y la nieve. El uso de estos compuestos bajo estas condiciones pueden obstaculizar un apropiado secado al aire del hormigón, que es necesario para mejorar la resistencia al descascaramiento ocasionado por las sales (ver comentario al final del texto).

(8) También puede consultarse la Norma IRAM 1673 (N. del T.)

(9) Esta observación está referida al medio estadounidense (N. del T.)

(10) Ver "Cold Weather Concreting"9IS 154 T), Portland Cement Association 1968. (Traducción del I.C.P.A. Información Técnica I – T4 titulada "Recomendaciones para el hormigonado en tiempo frío").

(11) Debe entenderse que este período se cuenta después de finalizado el de curado (N. del T.)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Powers, T.C., A Discussion of Cement Hydration in Relation to the Curing of Concrete, Research Department Bulletin 25, Portland Cement Association, Skokie, Ill., 1948
2. Oleson, C.C., Discussion of "Effect of Time of Application of Sealing Compound on the Quality of Concrete" por G.E. Burnett y M.R. Splindler, Journal of the American Concrete Institute, Proceedings Vol. 49, Diciembre 1953 pp. 200-4 a 200-6.
3. Hanson, J.A., Optimum Steam Curing Procedure in Precasting Plants, with Discussion, Bulletins D62 y D62A, Portland Cement Association, Skokie, Ill., 1963
4. Lerch, William, Plastic Shrinkage, Research Department Bulletin 81, Portland Cement Association, Skokie, Ill., 1957.
5. Klieger, Paul, Curing Requirements fore Scale Resistance of Concrete, Research Department Bulletin 82, Portland Cement Association, Skokie, Ill., 1957.
6. Recommended Procedures for Determination of Relative Merit of Field Curing Methods for Portland Cement Concrete Pavements, Circular Nº 381, Highway Research Correlation Service, Highway Research Board, Washington, D.C., Marzo 1959.
7. Curing of Concrete, 1925 – 1960, Bibliography 32, Highway Research Board, Washington, D.C. 1963.
8. Curing of Concrete Pavements, Current Road Problems Nº 1 – 2 R, Highway Research Board, Washington, D.C., Mayo 1963.
9. Hanson, J.A., Optimun Steam Curing Procedures for Structural Lightweight Concrete, Bulletin D92, Portland Cement Association, Skokie, Ill., 1965.
10. ACI Committee 516, "High Pressure Steam Curing: Modern Practice and Properties of Autoclaved Products" Proceedings, Vol. 62 American Concrete Institute, Detroit, Mich., Agosto 1965, pp. 869-908.
11. Proudley, C.E., "Curing Materials", Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete – Making Materials, STP169-A, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa., 1966, pp. 522- 529.
12. Greening, N.R., y Landgren, R., Surface Discoloration of Concrete Flatwork, Research Department Bulletin 203, Portland Cement Association, Skokie, Ill., 1966.

13. McCoy, W.J., “Mixing and Curing Water for Concrete”, Significance of Tests and Properties of Concrete And Concrete – Making Materials, STP169-A, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa., 1966, pp.515-521.
14. Recommended Practice for Cold Weather Concreting (ACI 306-66), American Concrete Institute, Detroit, Mich., 1966.
15. Recommended Practice for Atmospheric Pressure Steam Curing Of Concrete (ACI 517-70), American Concrete Institute, Detroit, Mich., 1970.
16. Recommended Practice for Curing Concrete 9ACI 308-71), American Concrete Institute, Detroit, Mich. 1971.
17. Recommended Practice for Hot Weather Concreting (ACI 305-72), American Concrete Institute, Detroit, Mich., 1971.