

“HORMIGONADO EN TIEMPO FRIO”

Dr. Ing. Oscar A. Cabrera

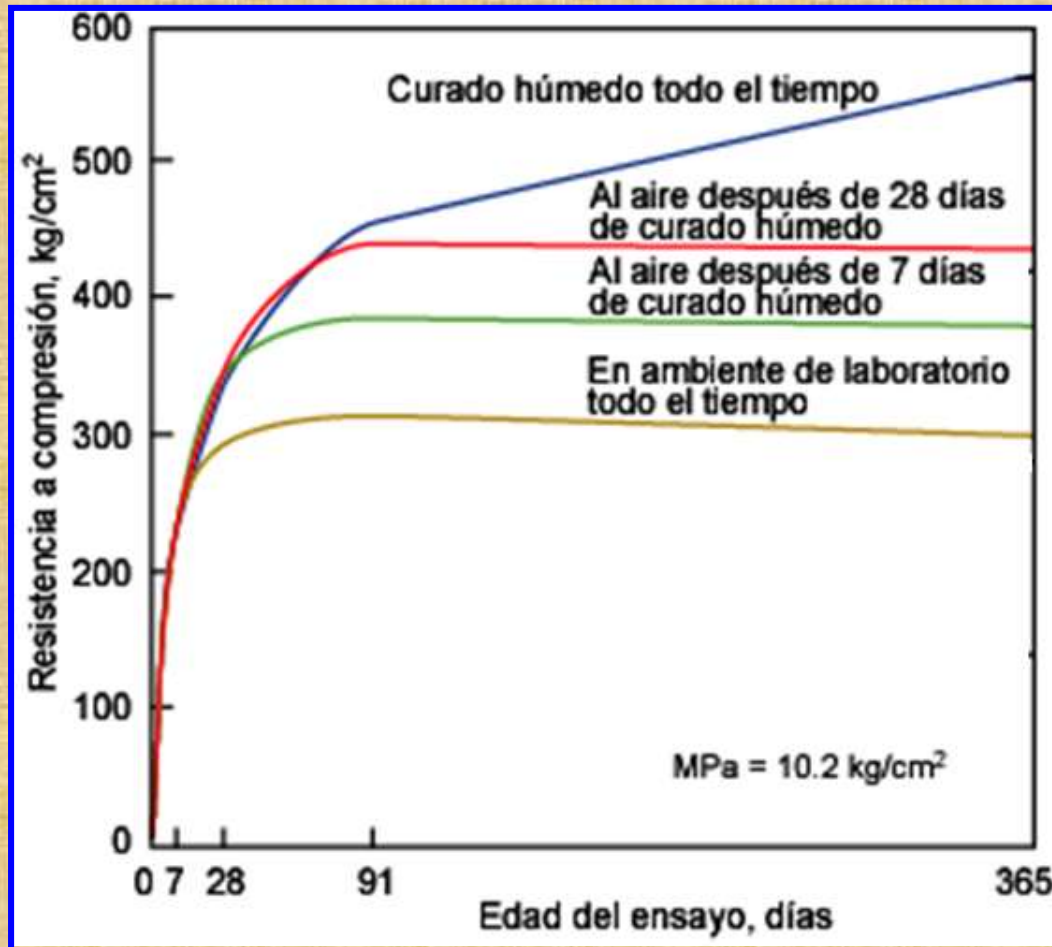
2026

ocabrera@fio.unicen.edu.ar

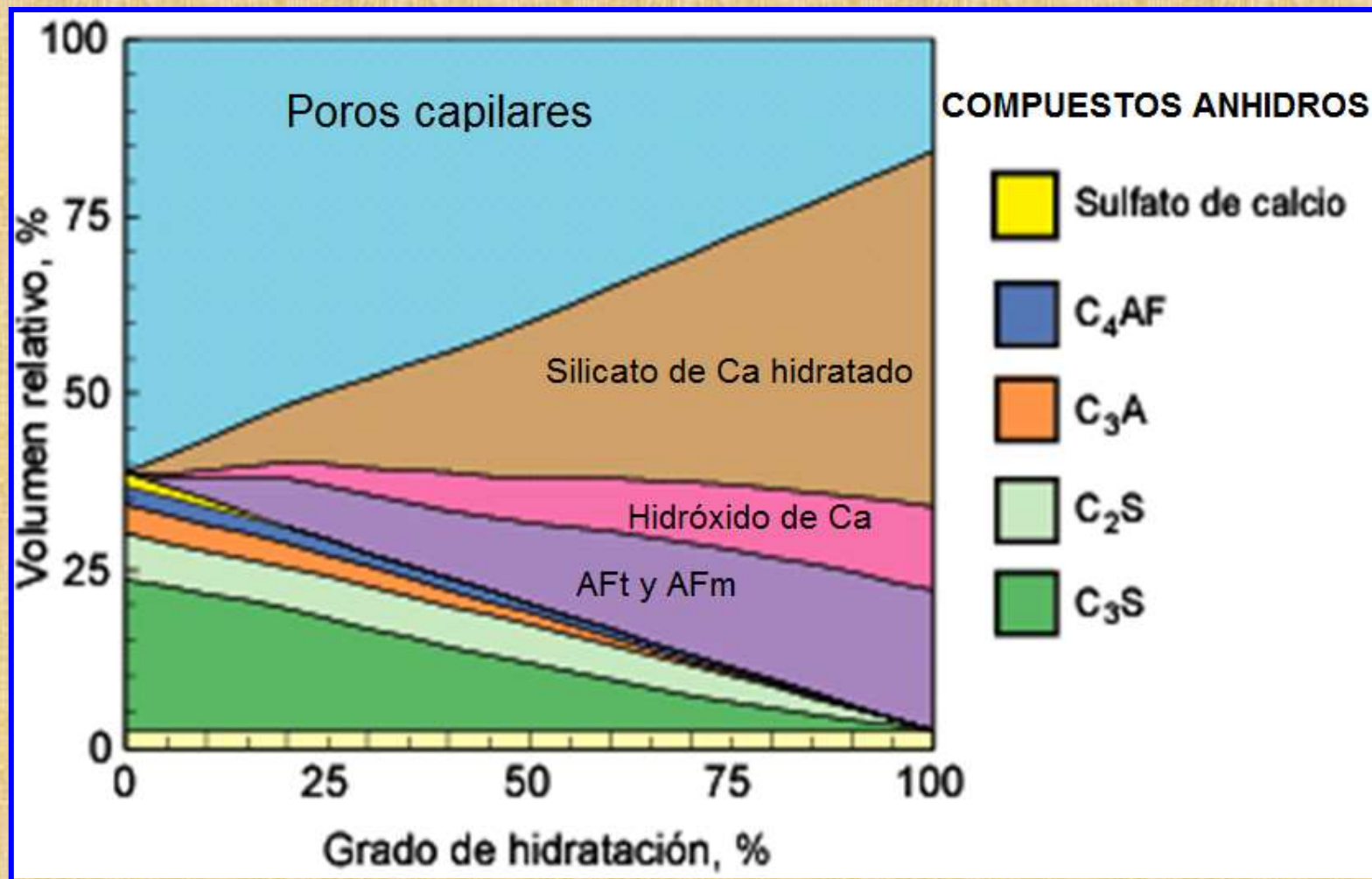
Condiciones ambientales durante el hormigonado

- ***Variables:*** combinación de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.
- Hormigonado en tiempo frío.
- Hormigonado en tiempo caluroso.
- Recomendaciones en Reglamentos.

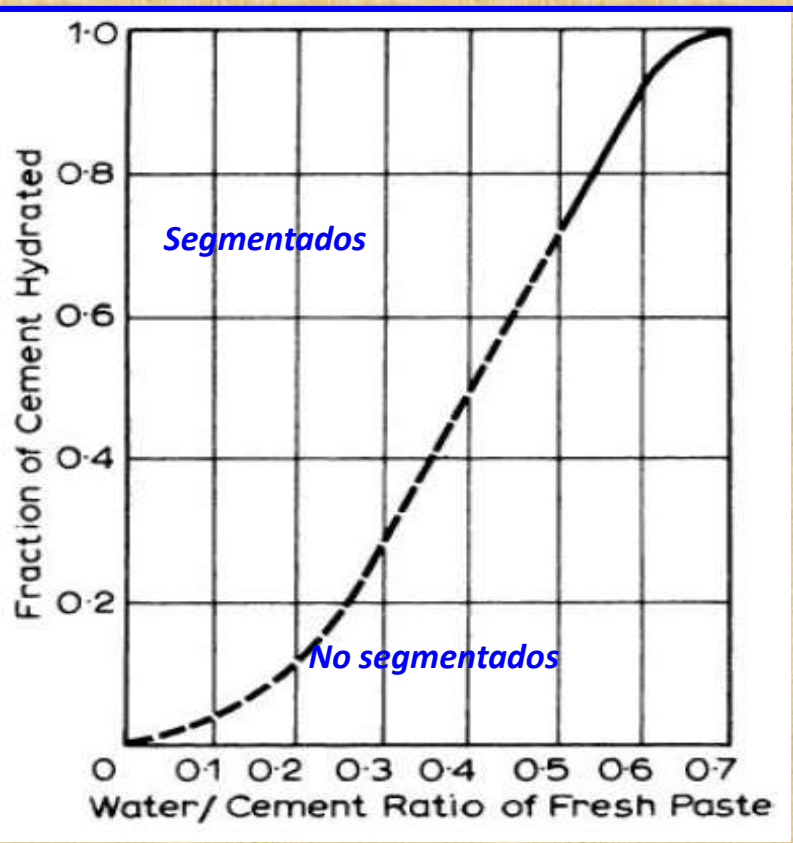
Evolución de la resistencia con la temperatura y el tiempo



Hidratación del cemento

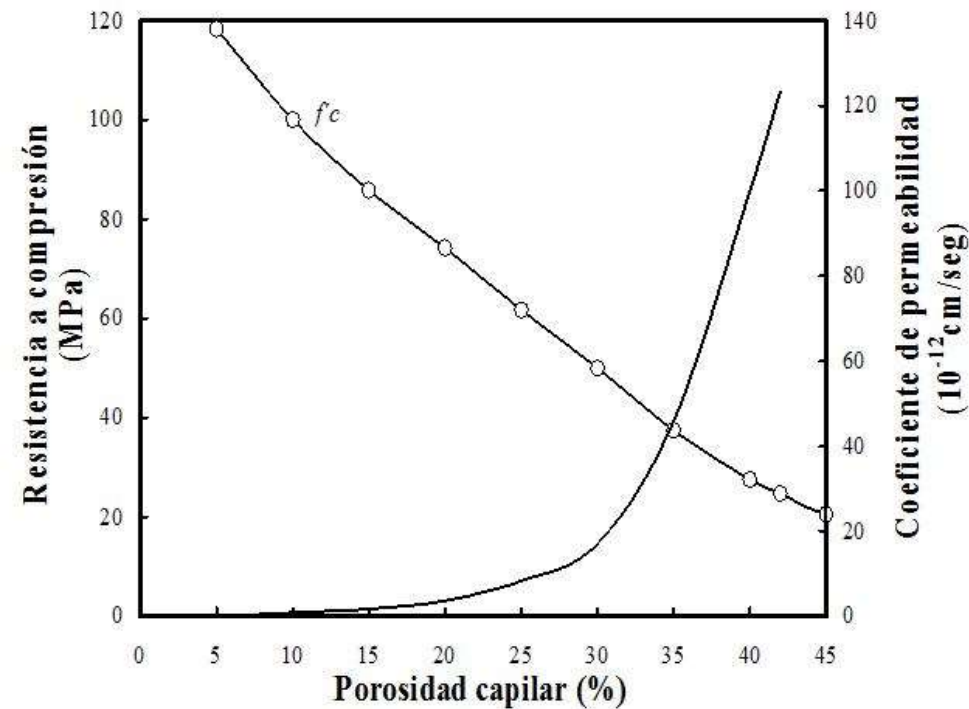


Grado de hidratación: segmentación de los poros capilares



Tiempo requerido para que los capilares se segmenten

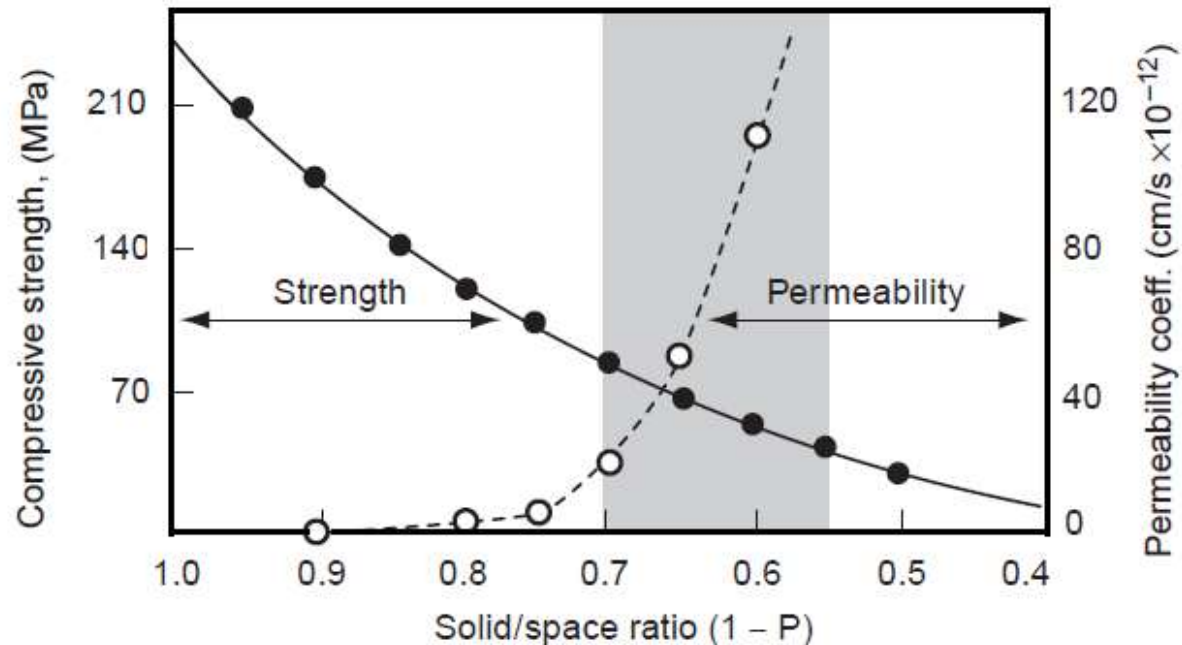
Relación a/c	Grado de hidratación	Período de curado requerido para segmentar los poros
0.40	50	3 d.
0.45	60	7 d.
0.50	70	14 d.
0.60	92	180 d.
0.70	100	365 d.
> 0.70	100	imposible



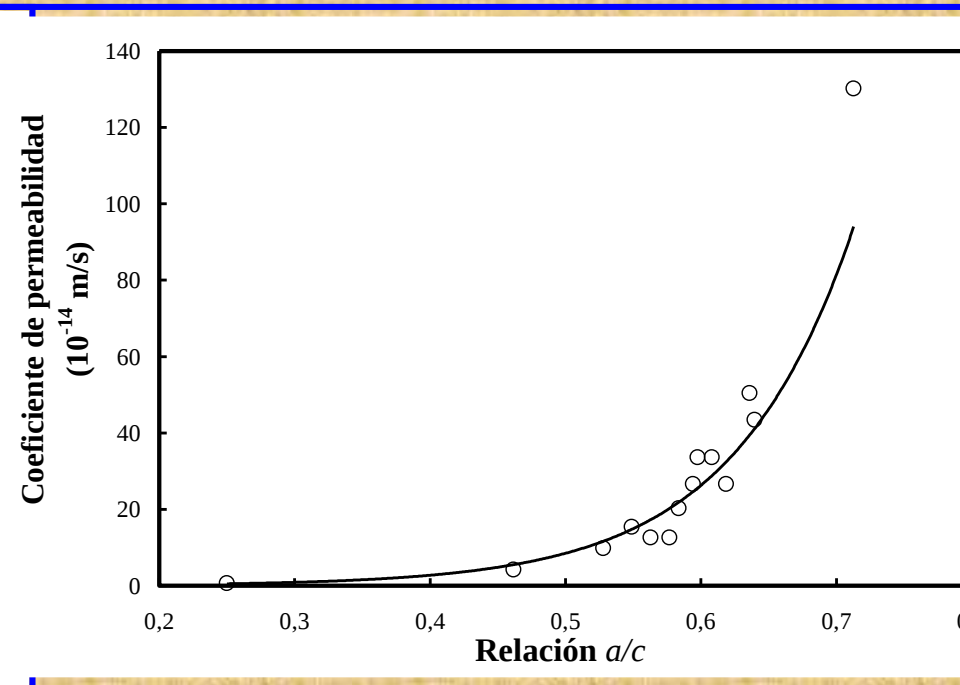
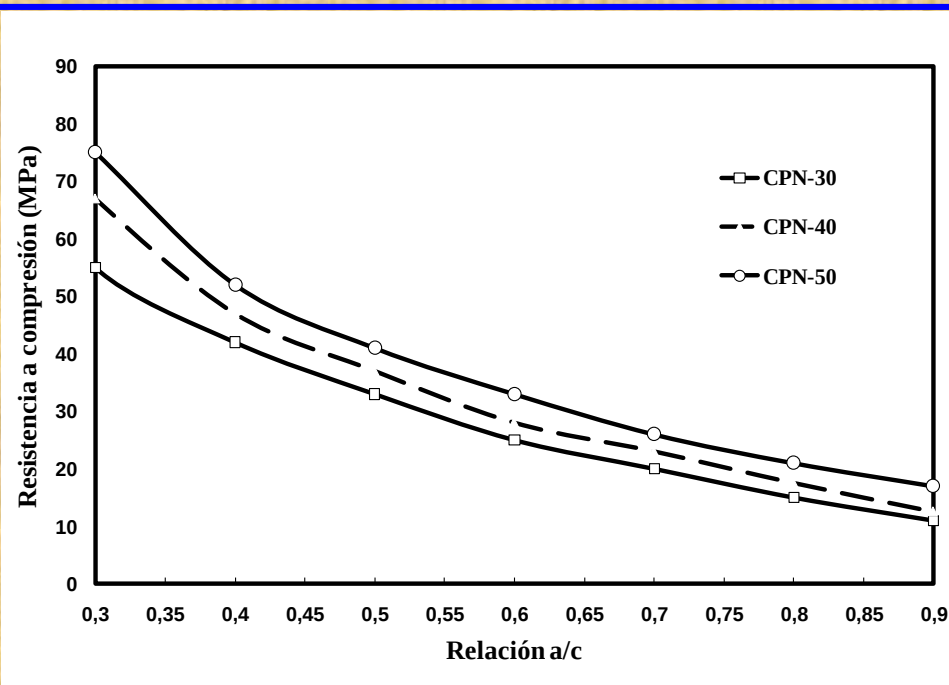
Resistencia y coef.de permeabilidad vs. Porosidad

Resistencia y coef. de permeabilidad vs. relación gel/espacio

Metha - Monteiro



Resistencia a compresión y el Coeficiente de permeabilidad en función de la relación a/c



Efecto del curado adecuado sobre el hormigón endurecido

Aumento de:

- Resistencia
- Impermeabilidad
- Resistencia a abrasión
- Resistencia a congelación-deshielo
- Estabilidad de volumen

El curado se debe realizar en todas las estructuras, con independencia de la clase de hormigón y del tipo de estructura.

El curado se debe mantener hasta que el hormigón de la estructura alcance el 70 % de la resistencia de diseño (CIRSOC 200-24).

Curado del hormigón



Fundamentos

- Asegurar la hidratación del cemento (temperatura y humedad)
- Evitar secados bruscos (retracciones tempranas indeseadas – fisuras)
- Unificar las deformaciones volumétricas por secado a distintas temperaturas

Ejecución

- Inicio LO ANTES POSIBLE (las primeras 24 hs son fundamentales)
- Prolongación de 3 días como mínimo

Métodos

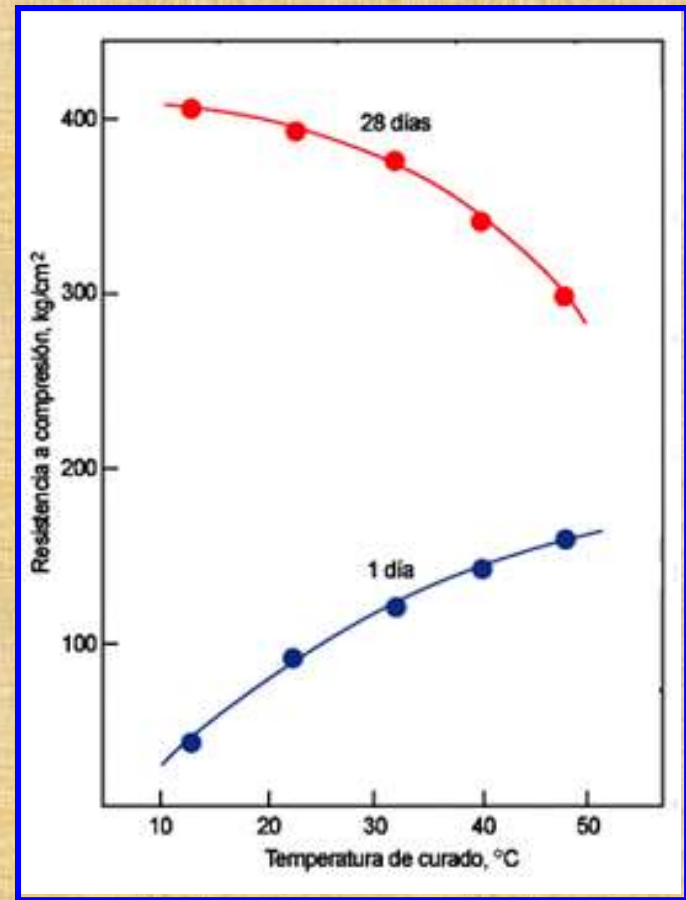
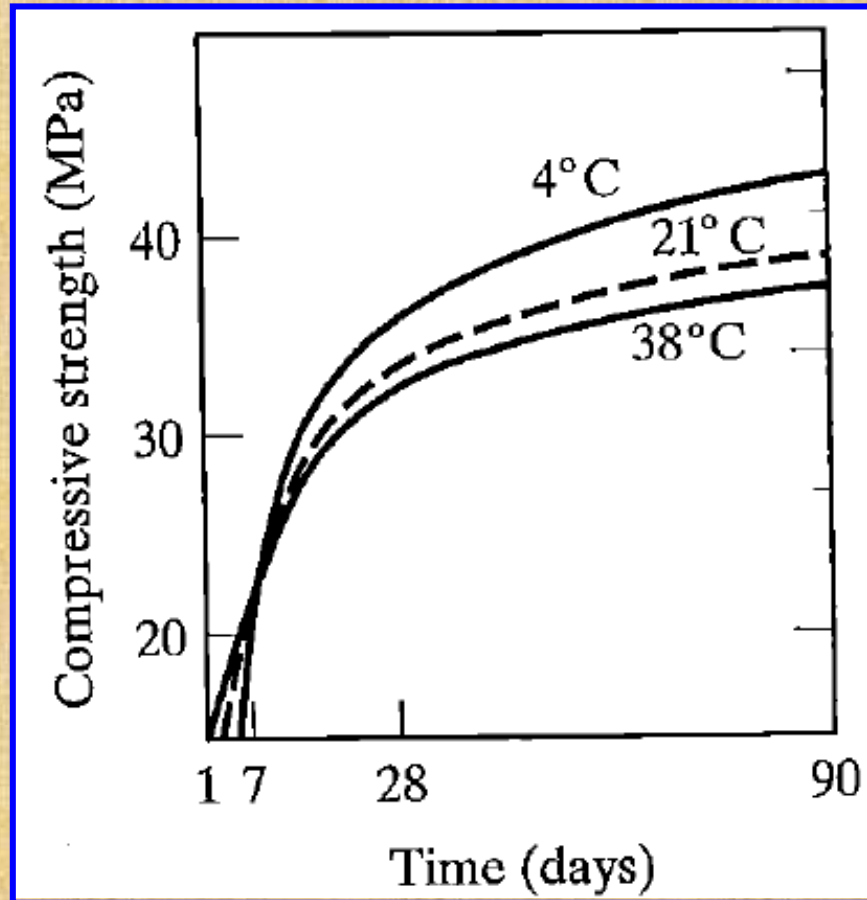
- Sumergidos
- Protección con poliéster u otros elementos
- MEMBRANAS de curado

Períodos mínimos de curado s/CIRSOC 200:24

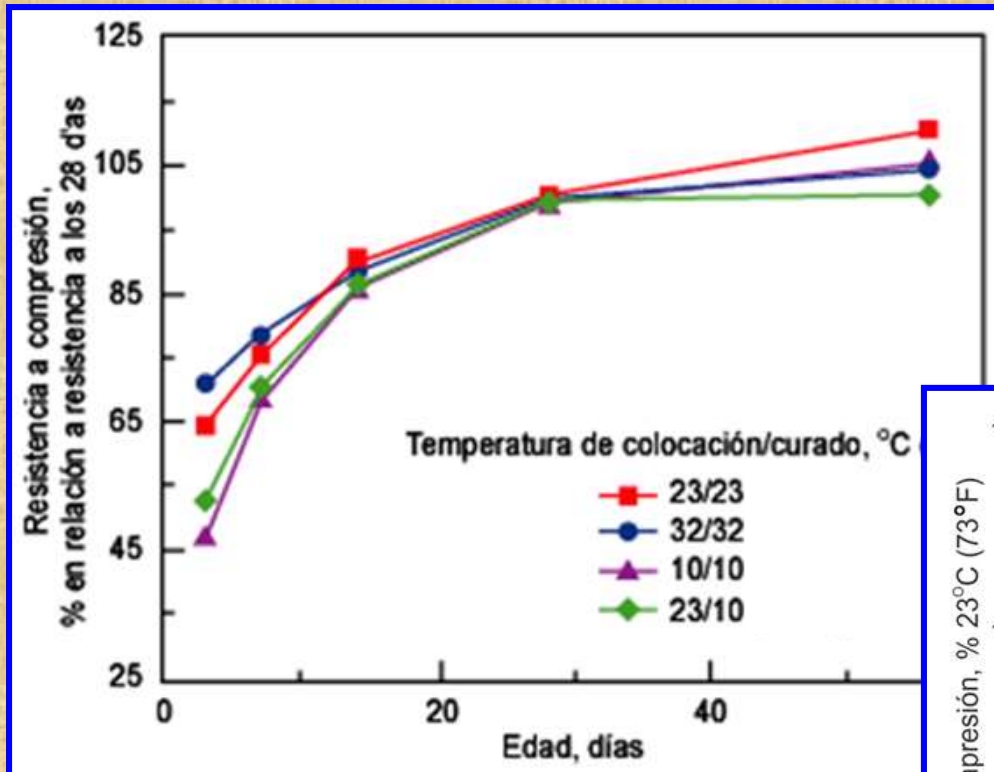
Edad de diseño del hormigón	Cemento		Tiempo mínimo de curado
	Tipo	Categoría	
7 días	CPx (ARI)	50	3 días
28 días	CPN	40 – 50	5 días
	CPF	30	8 días
	CPC CPE CPP		
28 días	CAH	30 - 40 – 50	8 días

El CIRSOC 201-05 indicaba que en las condiciones de exposición A3, A4, M1, M2, C1, C2, Q1, Q2 y Q3, los períodos mínimos de curado se deben ***incrementar en 3 días***, para todos los tipos de cemento.

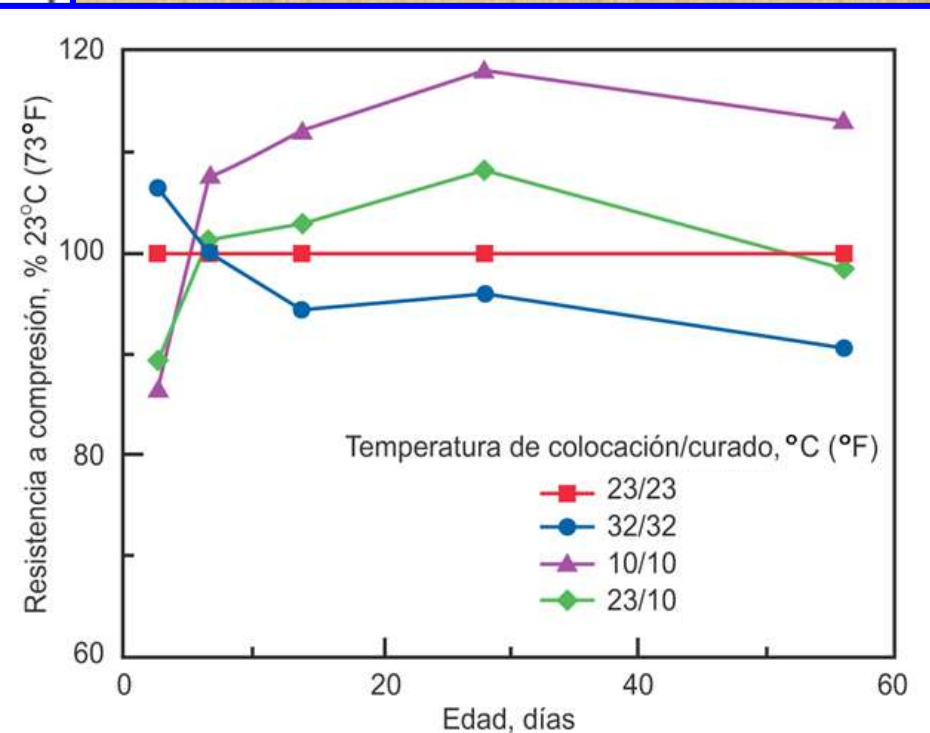
Efecto de la temperatura de curado



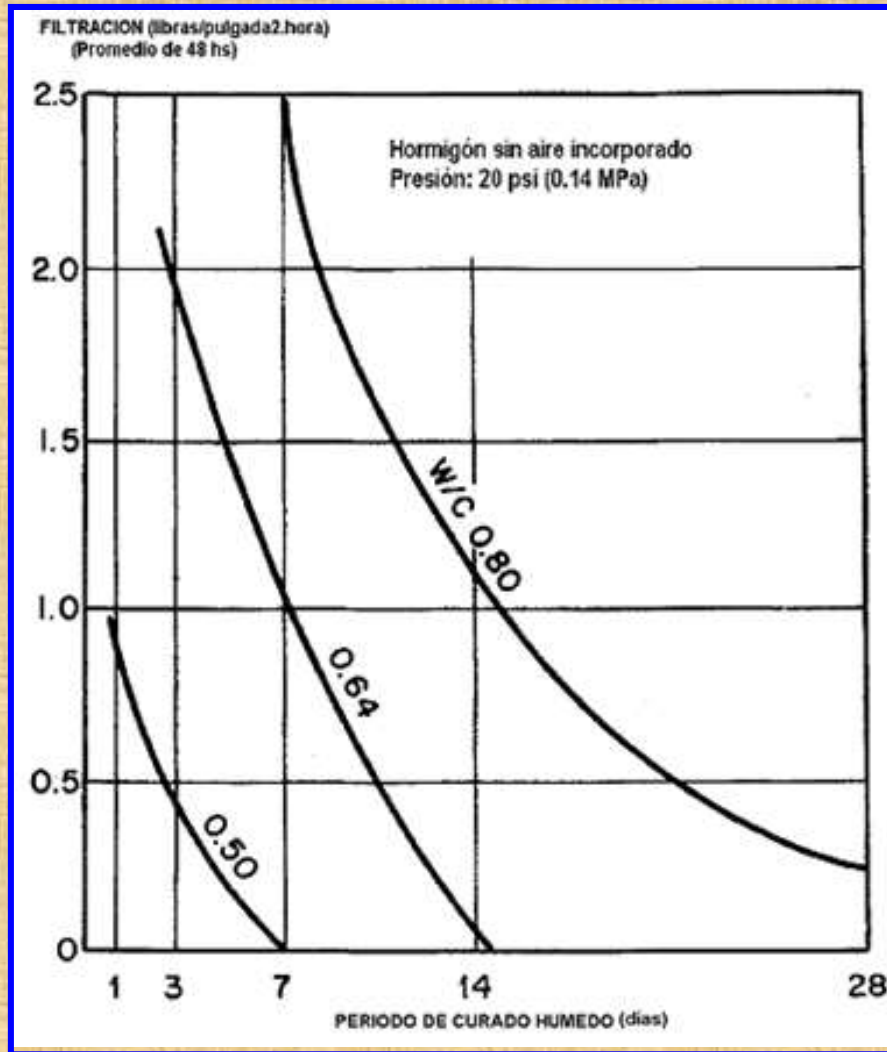
Efecto de las temperaturas de colocación y de curado sobre la resistencia



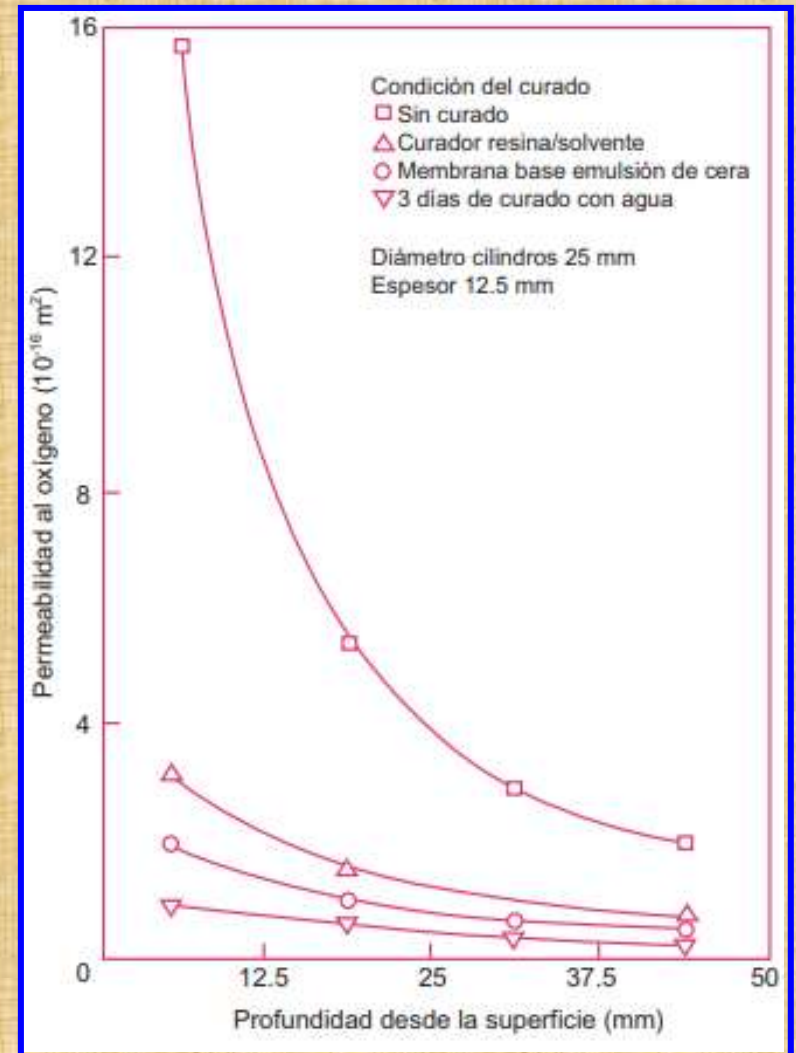
Resistencia a compresión, % resist. 23/23 °C



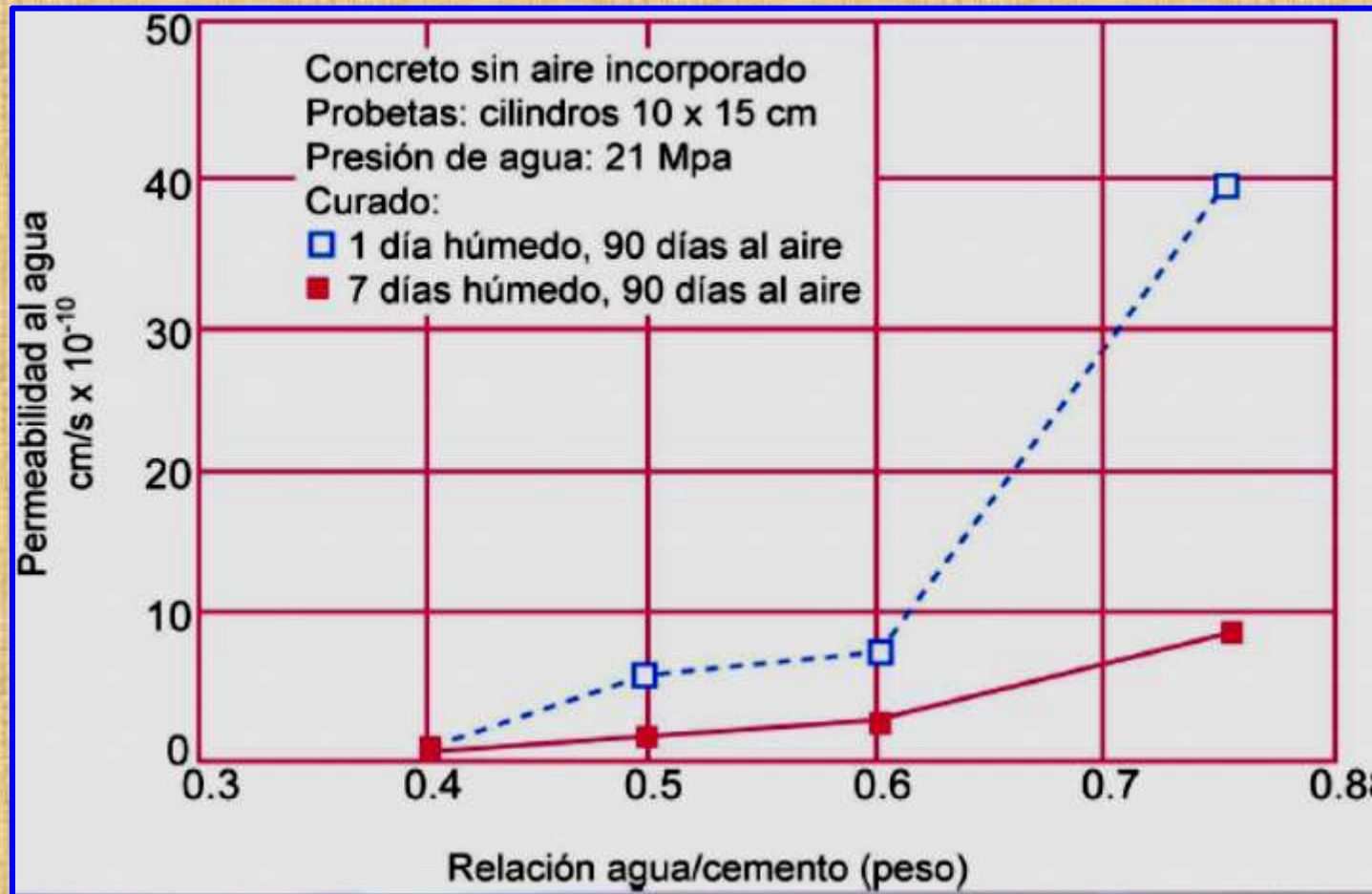
Efecto de la relación a/c y del tiempo de curado s/permeabilidad del mortero



Influencia del tipo de curado s/la permeabilidad del hormigón al oxígeno, medida a varias profundidades



Influencia del curado en la permeabilidad de probetas de hormigón



Se debe garantizar la presencia de agua que pueda combinarse con el cemento y asegure la hidratación del mismo. Las pérdidas de agua se deben principalmente a:

- a) La **evaporación del agua** por acción del medio ambiente o por elevación de la temperatura en el hormigón debido al proceso de hidratación.
- b) **Diferencias entre la temperatura del hormigón y la del medio ambiente.**
- c) El desarrollo del proceso de **autodesecación** del hormigón.

El **objetivo del curado** es mantenerlo saturado hasta que los espacios originalmente ocupados por el agua se llenen con los productos de hidratación del cemento, reduciendo a un mínimo los poros capilares.

Comparación entre tipos de curados

Atributo	Membrana química	Film de polietileno	Arpillera húmeda	Inundación
Eficiencia	4	4	3	5
Aplicación en estado fresco	5	0	0	0
Durabilidad	4	3	3	4
Operatividad	5	3	2	1



- Rápida aplicación, bajos costos, fácil disponibilidad
- Suelen ser la solución más económica para alta productividad
- El control de aceptación es relativamente más complejo

https://web1.icpa.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/Compuestos-de-curado_Presentacion-para-CAVyT-2016-REDUCIDA.pdf

Tiempo frío

El CIRSOC 200-24 lo define como el período en el cual durante más de ***tres (3) días*** consecutivos existen las siguientes condiciones:

- a) La ***temperatura media diaria ambiente es menor*** que ***5 °C***.
- b) La ***temperatura ambiental es $\leq$ a 10 ° C durante medio día de cualquier período de 24 h***.

La ***temperatura media diaria ambiente al promedio de las temperaturas*** máxima y mínima que ocurren durante las ***24 h del día***.

El CIRSOC 200-24 se basa en el ***ACI 306 R-10 “Cold Weather Concreting”***.

Temperaturas bajas

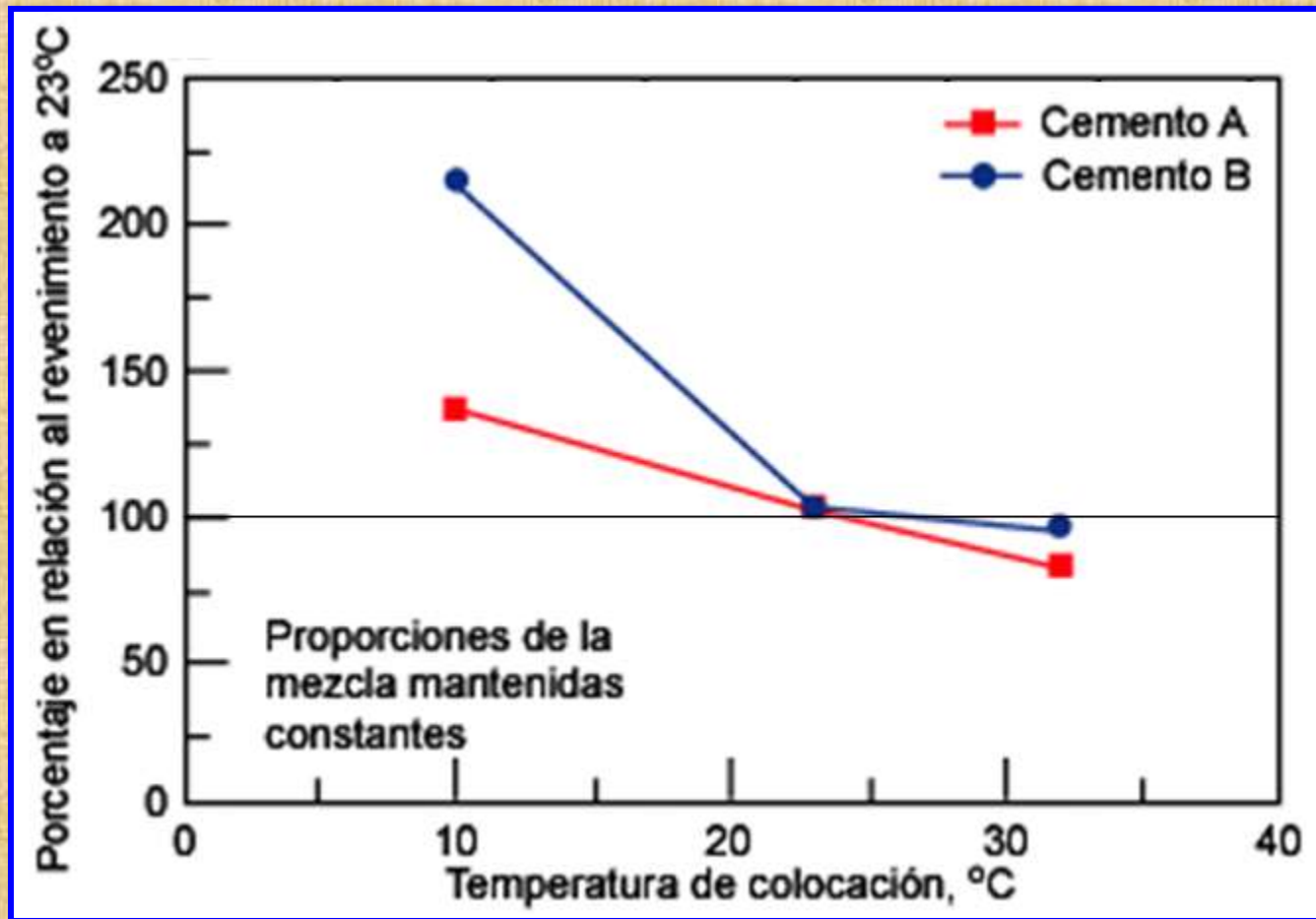
Efecto:

- Retardo del fraguado:
- Retardo en la hidratación del cemento:
- Congelación:

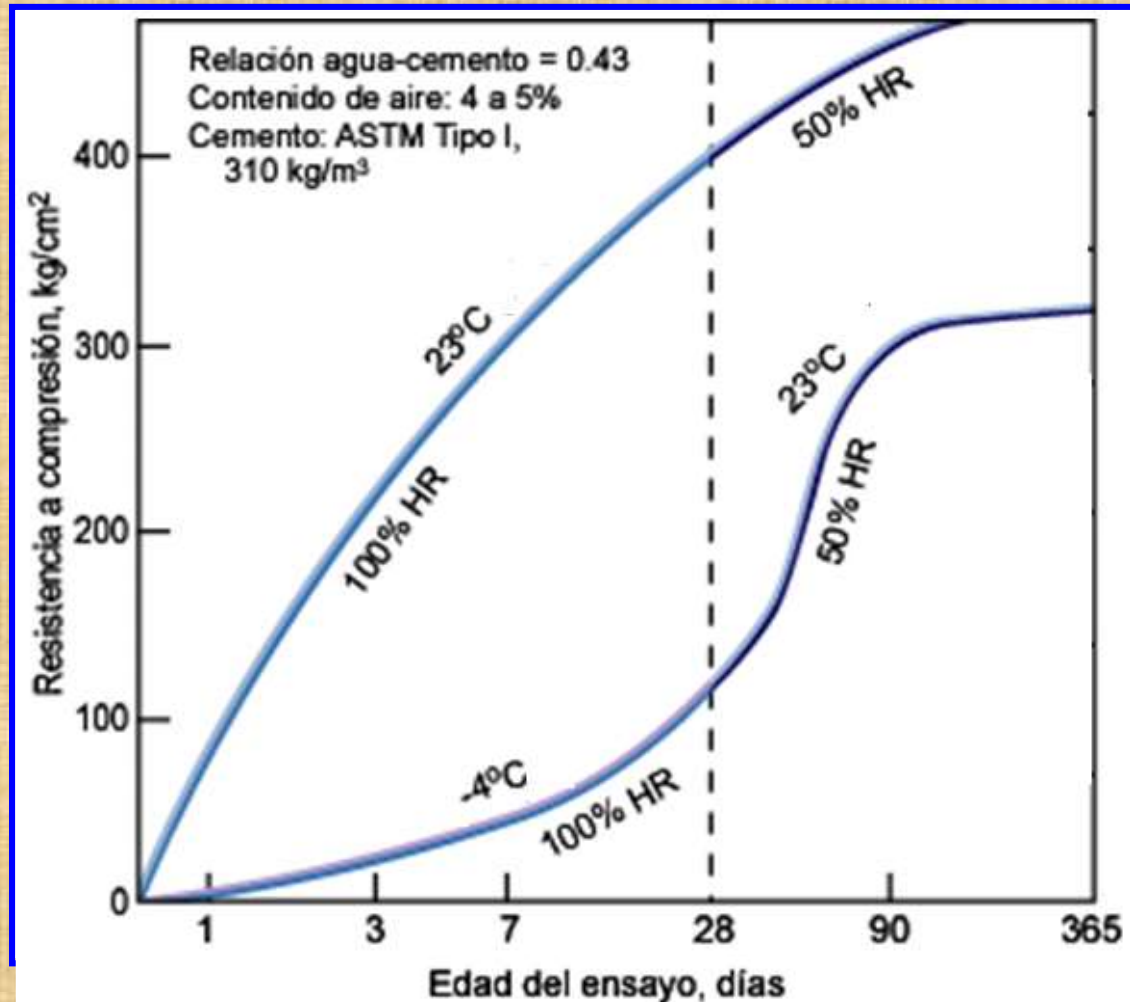
Consecuencia:

- * Mayor tendencia a la fisuración plástica
- * Aumento en los tiempos de desencofrado
- * Menor resistencia inicial
- * Mayor resistencia final
- * Prolongación del curado
- * Fisuras/baja resistencia

Relación entre el asentamiento y la temperatura de colocación



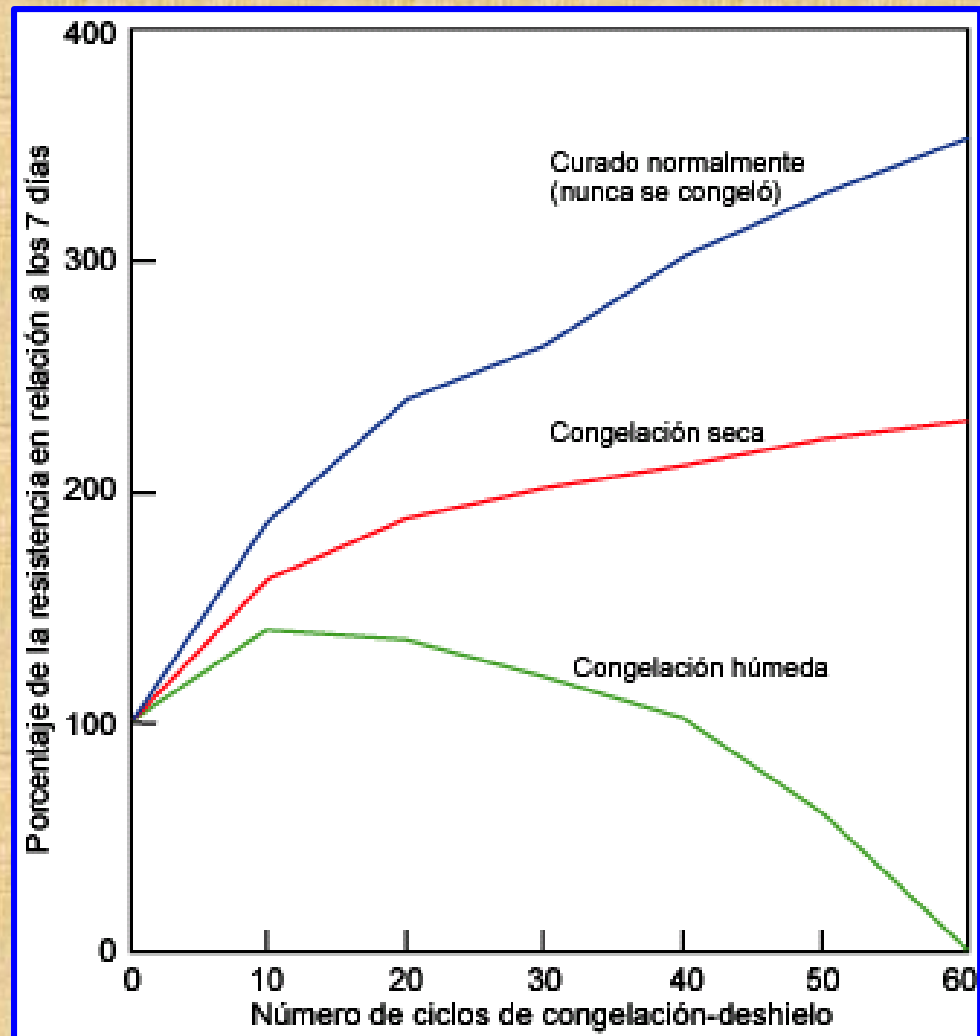
Efecto de la temperatura sobre el desarrollo de la resistencia



Durabilidad del hormigón sin aire incluido



Cordón cuneta



Como proceder en tiempo frío

- Respetar las temperaturas de colocación del reglamento.
- Usar una relación “ a/mc ” más baja.
- Calentar los materiales componentes, encofrados y armaduras.
- Diseñar encofrados con materiales aislantes.
- Emplear un cemento de alta resistencia inicial.
- Usar un acelerador de fraguado para alcanzar una resistencia mínima (5 MPa) por si se congela no caerá la resistencia final, aunque la hidratación sea más lenta.
- Proteger al hormigón durante el período de curado.
- Curado a vapor a presión atmosférica o en autoclave.
- Eliminar el hielo sobre las armaduras.
- ***El aditivo incorporador de aire no es un anticongelante, protege al hormigón en el estado endurecido.***

Temperaturas de colocación del hormigón, en tiempo frío.

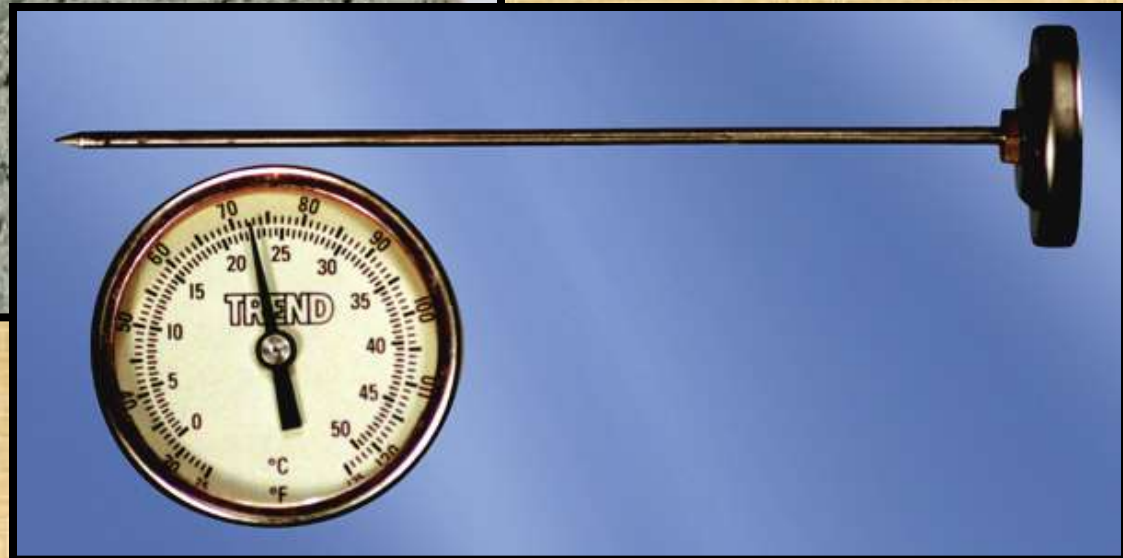
	Mínima dimensión lineal de la sección (cm)			
	Menor a 30	30 a 90	90 a 180	Mayor a 180
Temperatura mínima a la que se debe colocar y mantener el hormigón durante el período de protección	13 °C	10 °C	7 °C	5 °C
Variación máxima admisible de la temperatura del hormigón en las primeras 24 horas posteriores a la finalización del período de protección	28 °C	22 °C	17 °C	11 °C

La *temperatura de colocación del hormigón no debe* superar en más de **10 °C a los mínimos indicados**

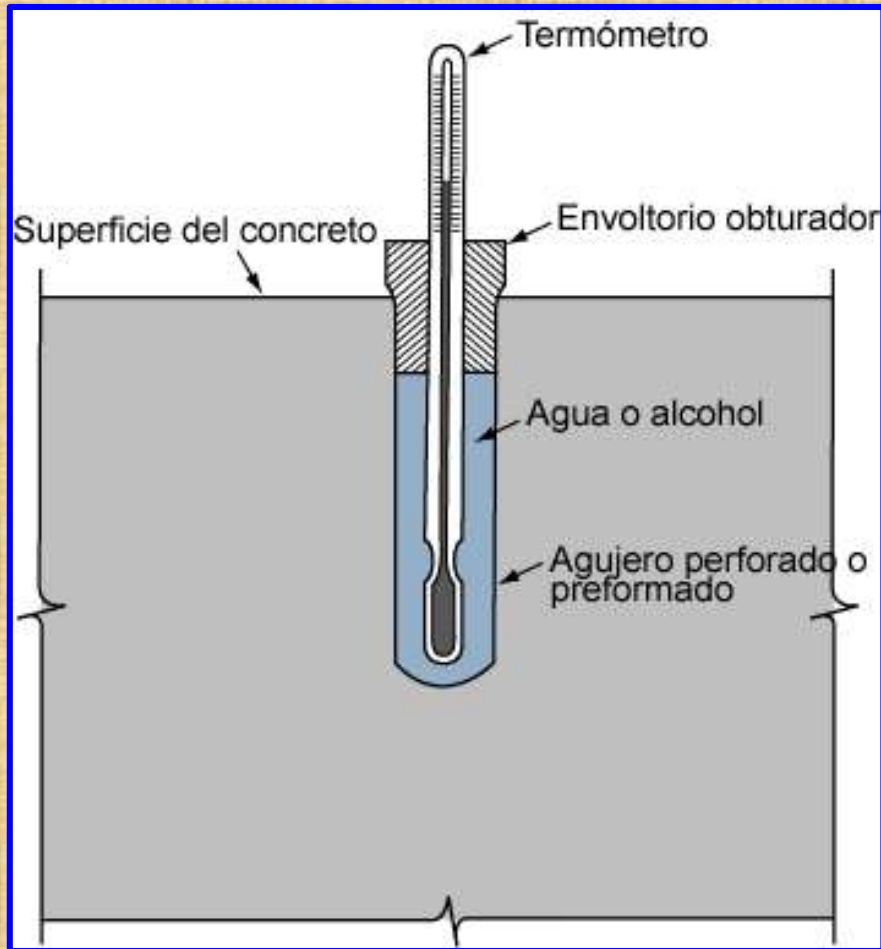
Temperaturas mínimas del hormigón recomendadas a la salida de la planta dosificadora, en tiempo frío.

Temperatura del aire	Mínima dimensión lineal de la sección (cm)			
°C	Menor a 30	30 a 90	90 a 180	Mayor a 180
-1 a +7	16 °C	13 °C	10 °C	7 °C
-18 a -1	18 °C	16 °C	13 °C	10 °C
Menor a -18	21 °C	18 °C	16 °C	13 °C

Control de la temperatura del hormigón fresco



Control de la temperatura del hormigón endurecido



Libro de la PCA

Control de temperatura de probetas de ensayo



Se mantienen a temperatura $\approx 20^{\circ}\text{C}$ hasta el momento de llevarlas al laboratorio para un curado normal.

Efecto de la temperatura de los materiales sobre la temperatura del hormigón

$$T = \frac{0.22(T_a M_a + T_c M_c) + T_w M_w + T_{wa} M_{wa}}{0.22(M_a + M_c) + M_w + M_{wa}}$$

T = temperatura del hormigón fresco, °C (°F)

T_a , T_c , T_w , and T_{wa} = temperatura en °C (°F) de los agregados, cemento, agua de mezcla y humedad libre en los agregados, respectivamente.

M_a , M_c , M_w , and M_{wa} = masa, kg, de los agregados, cemento, agua de mezcla y humedad libre en los agregados, respectivamente.

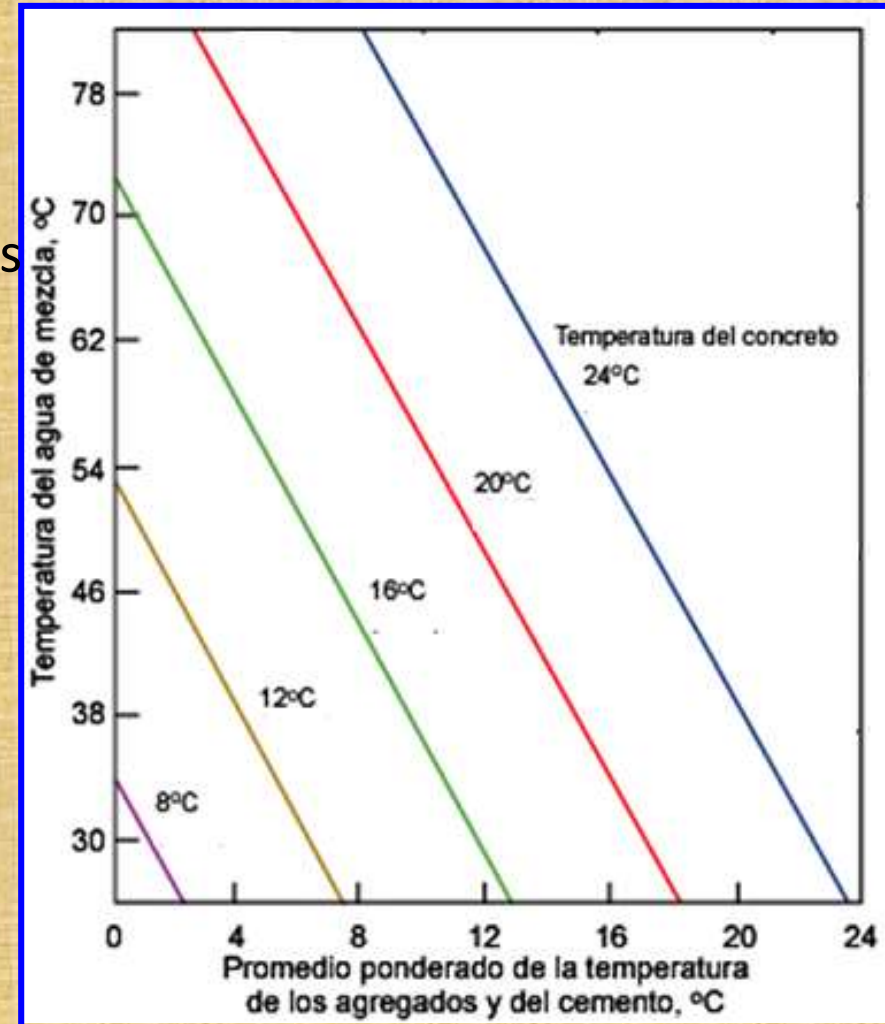
Hay poca ventaja en usar el hormigón fresco a una temperatura mayor que 21 °C. *ya que* no garantiza una protección contra la congelación mayor porque la ***tasa de pérdida de calor*** es mayor.

1. Se debe contar con suficiente cantidad de agua a temperatura uniforme, para evitar diferencias térmicas importantes entre hormigones de distintas amasadas.

2. La temperatura del agua **no debe superar los 80°C** y para los agregados, **65 °C** .

3. Cuando el agua posea alta temperatura, durante el mezclado se debe evitar su contacto directo con el cemento. Se debe mezclar el agua con los agregados (el grueso primero) y luego adicionar el cemento.

4. La temperatura del agua puede ajustarse mezclando agua fría y caliente, de modo de obtener una temperatura del hormigón dentro de un rango de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ de la requerida.



Período de protección mínimo.

Cuando el hormigón contenga **aire intencionalmente incorporado**, el **período de protección mínimo** debe ser:

- a) Cementos pórtland normal y fillerizado: tres **(3) días**.
- b) Cemento de alta resistencia inicial: dos **(2) días**.
- c) Cementos de bajo calor de hidratación, puzolánico, compuesto, con escorias y cemento de alto horno: seis **(6) días**.

Como alternativa, el período de protección se debe extenderse hasta que el hormigón la resistencia in-situ sea $\geq 3,5$ MPa.

Si el hormigón **no contiene aire intencionalmente incorporado** los períodos de protección deben ser duplicados. ***Como alternativa, que el hormigón alcance los 7 MPa.***

Durante el período de protección se debe curar al hormigón.

Para evitar la pérdida del calor producido por la hidratación del cemento se pueden emplear:

- Encofrados protegidos con un material aislante (espuma de poliuretano, placas de poliestireno expandido, espuma vinílica, lana de vidrio, lana de vidrio con foil aluminizado, film de polietileno con burbujas de aire, aislantes a base de espuma de polietileno, etc.).
- Mantas que contengan en su interior un material aislante (lana de vidrio, fibras celulósicas o paja).
- Materiales aislantes sueltos en elementos horizontales o sub-horizontales (paja, arena o tierra).

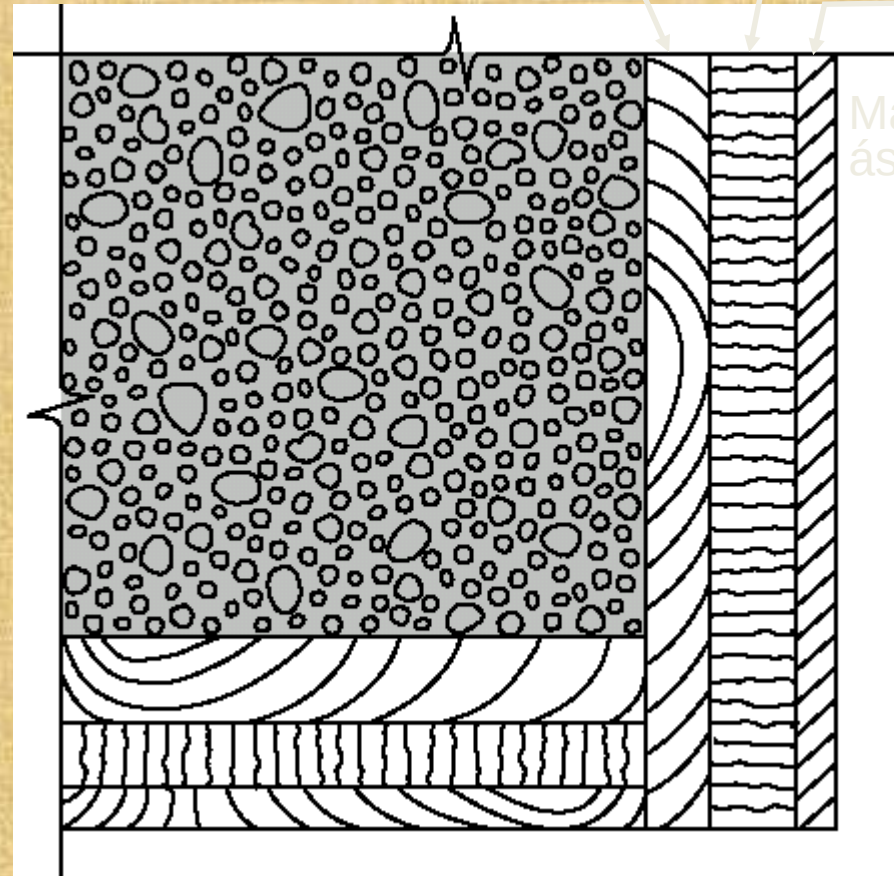
- Para ***proteger el hormigón del efecto de las bajas temperaturas se deben utilizar cubiertas con*** aislantes térmicos que aprovechen el **calor de hidratación**, o cerramientos que permitan **calentar con vapor** de agua el recinto en que se encuentra la estructura.
- Si para mantener la temperatura se emplean ***radiadores o calefactores a combustión, se deben*** adoptar las precauciones necesarias para evitar el secado del hormigón. Además, los gases de combustión se deben conducir hacia afuera del recinto calefaccionado para evitar la exposición del hormigón a una ***atmósfera contaminada con anhídrido carbónico.***

Encofrado aislado de columna



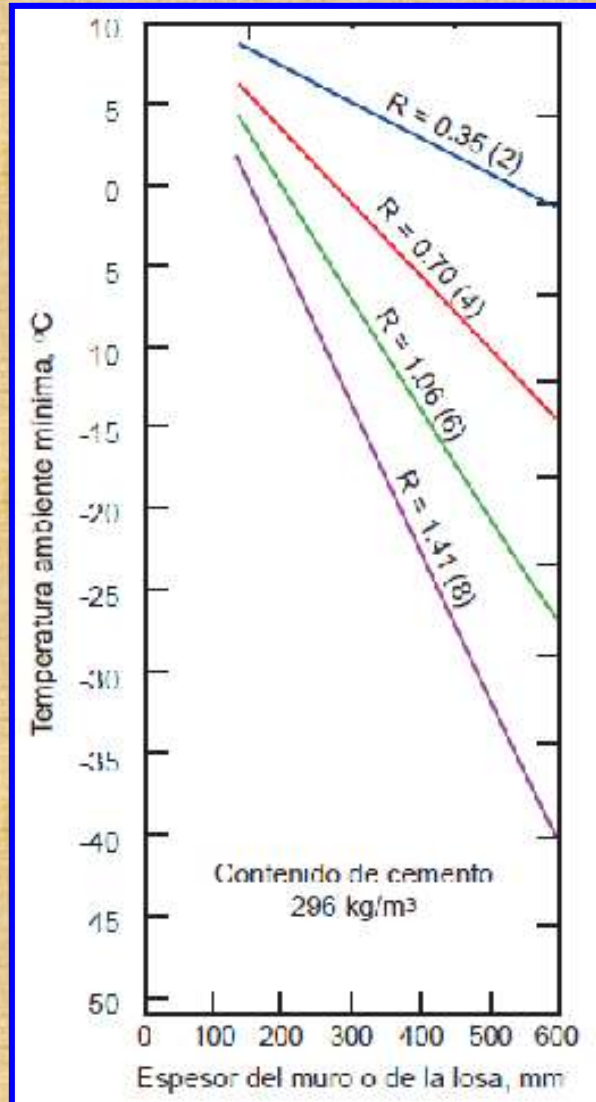
Madera
contrachapada de alta
densidad

Poliestireno rígido



Madera
áspera

Valor de aislamiento (R) necesario para mantener la temperatura de la superficie del concreto de los muros y losas arriba del nivel del terreno a 10°C o superior, por 7 días.



Ejemplo de encofrado de columna:

Como la temperatura del aire estaba debajo de -23°C, se colocó el hormigón en esta cimbra aislada de columna, fabricada con madera contrachapada de alta densidad de 19 mm en su interior, con poliestireno rígido de 25 mm en el centro y, por fuera, madera contrachapada áspera de 13 mm.

Valor de resistencia térmica de aislamiento (R): $1.0 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$

Valores de aislamiento de varios materiales para construir encofrados o mantas protectoras

Material	Densidad (Kg/m ³)	Resistencia térmica, para 10 mm de espesor (m ² .k/W)
Tableros y losas		
Poliuretano expandido	24	0.438
Poliestireno expandido, superficie extruida suave	29-56	0.347
Poliestireno expandido, superficie extruida de celdas cortadas	29	0.277
Fibras de vidrio, enlace orgánico	64-144	0.277
Poliestireno expandido, rebordes moldeados	16	0.247
Fibra mineral con aglomerante de resina	240	0.239
Lámina de fibra mineral, con fieltro húmedo	256-272	0.204
Revestimiento de lámina de fibra de vegetal	288	0.182
Vidrio celular	136	0.201
Cartón de papel laminado	480	0.139
Lámina de partículas (baja densidad)	590	0.128
Madera contrachapada	545	0.087

Valores de R para rellenos sueltos

Material	Densidad (Kg/m ³)	Resistencia térmica, para 10 mm de espesor (m ² .k/W)
Relleno suelto		
Fibra de madera, maderas suaves	32-56	0.231
Perlita expandida	80-128	0.187
Vermiculita exfoliada	64-96	0.157
Vermiculita exfoliada	112-131	0.148
Aserrín o virutas	128-240	0.154

Nota: resistencia térmica= 1/Conductividad térmica

Retención del calor de hidratación



Colocación de cubierta de lona, sobre el pedestal de cemento, para retener el calor de hidratación

Protección con paja de un hormigón de limpieza

(Ereván, Armenia)





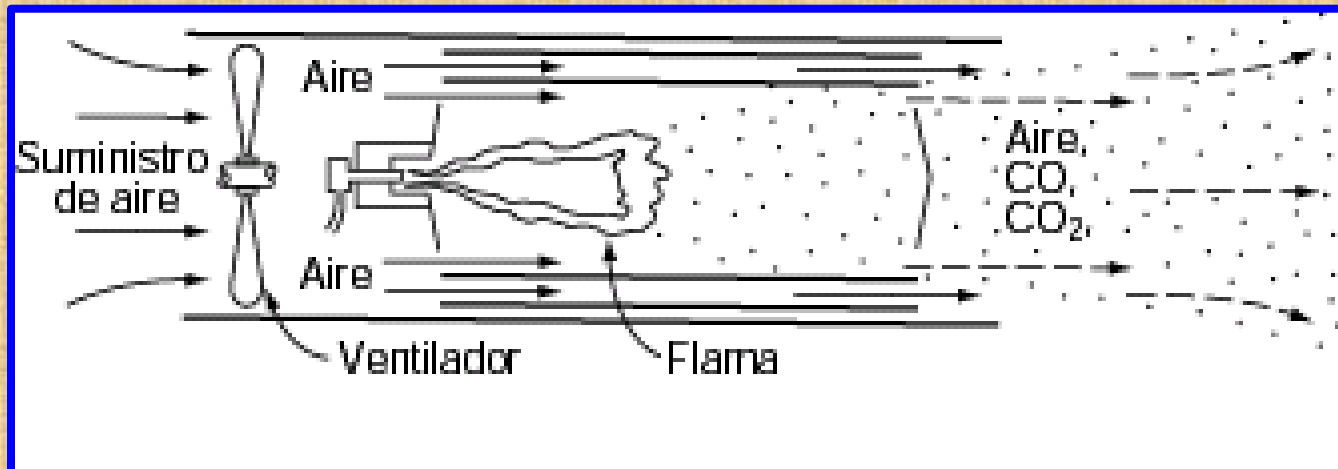
Recintos calentados

- Madera
- Lona
- Polietileno

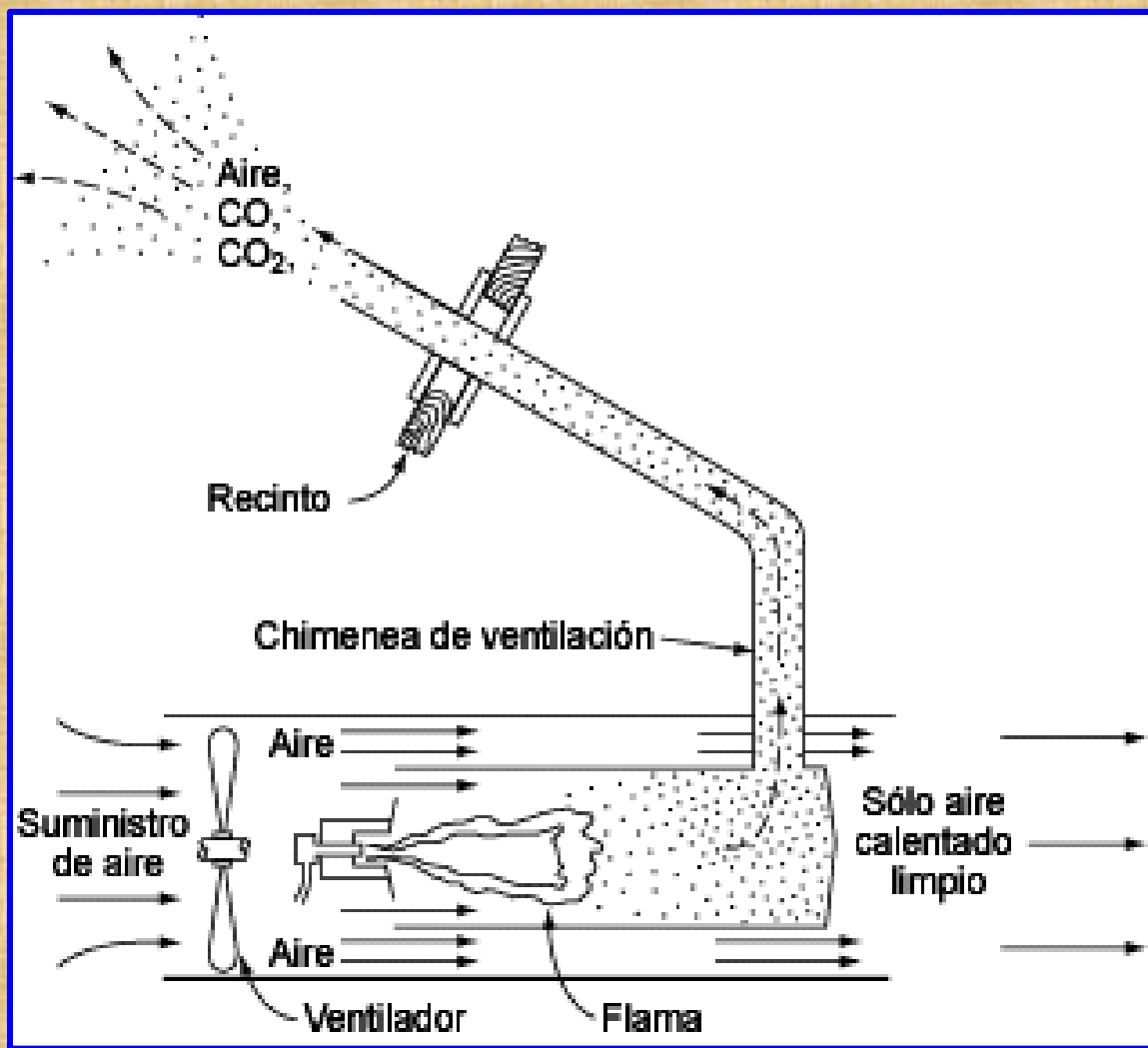




Calefactor de flama directa



Calefactor de flama indirecta



Sistema hidrónico



Consiste en mangueras (superior) dejadas sobre el suelo para descongelar la subrasante y (inferior) para calentar las cimbras mientras se bombea el hormigón fresco.

Otros curados acelerados

Los procedimientos de curado por aplicación artificial de calor mientras el hormigón está en condición húmeda comprenden:

- a) Curado al vapor a presión normal.
- b) Curado al vapor a alta presión.
- c) Curado por rayos infrarrojos.
- d) Curados eléctricos.

Curado a vapor

Las ventajas adicionales de este tipo de curado son:

- 1.** Los encofrados pueden ser vueltos a utilizar a intervalos más cortos.
- 2.** Los productos de concreto pueden ser almacenados o puestos en servicio a una edad más temprana.
- 3.** La rápida ganancia en compresión, obteniéndose en 24 horas el 60% de la resistencia a los 28 días.

Curado por desarrollo de la resistencia acelerado

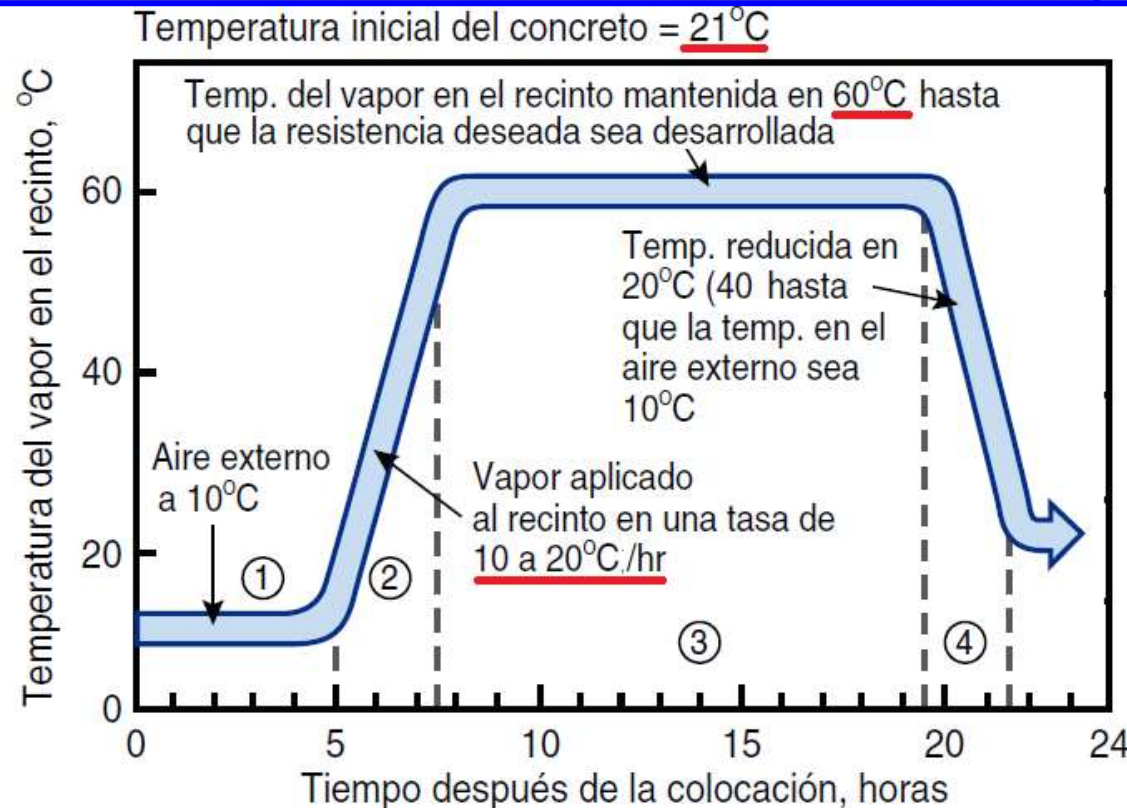
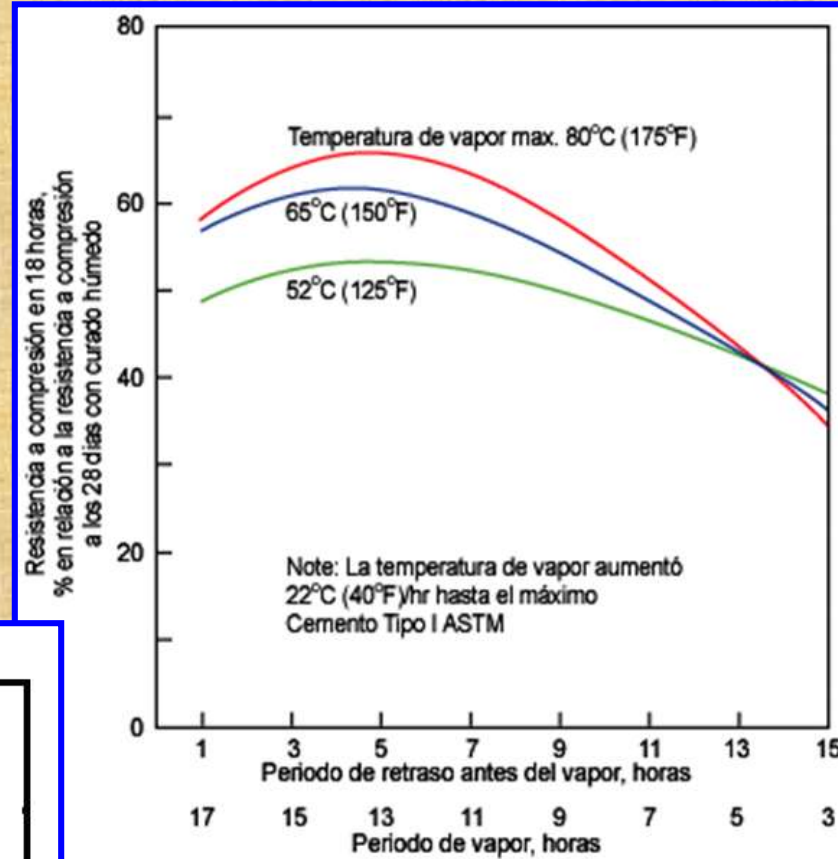
Para mantener la temperatura y la humedad dentro de las cámaras de curado se debe utilizar vapor saturado de presión igual a la atmosférica.

Los chorros de vapor deben rodear a los elementos estructurales y nunca incidir directamente sobre ellos, ni sobre las probetas moldeadas que se almacenen en la cámara para el control de las resistencias.

CICLO TERMICO (CIRSOC 200:24)

- Antes de iniciar el **curado a vapor**, los elementos estructurales se deben dejar estacionar al aire a una temperatura entre 10 y 30 °C hasta el comienzo de su fraguado inicial.
- El calentamiento y el posterior enfriamiento del elemento estructural deben ser graduales, y con una velocidad de aumento y disminución de la temperatura en la atmósfera de la cámara limitada entre **10 y 30 °C** por hora.
- La temperatura máxima para el curado a vapor no podrá superar los **70 °C** en cualquier punto de la pieza de hormigón.
- Finalizado el ciclo de curado a vapor, los elementos estructurales no se deben someter a cambios bruscos de temperatura.

Curado a vapor a presión atmosférica



Ejemplo de curado de losas con vapor a presión atmosférica

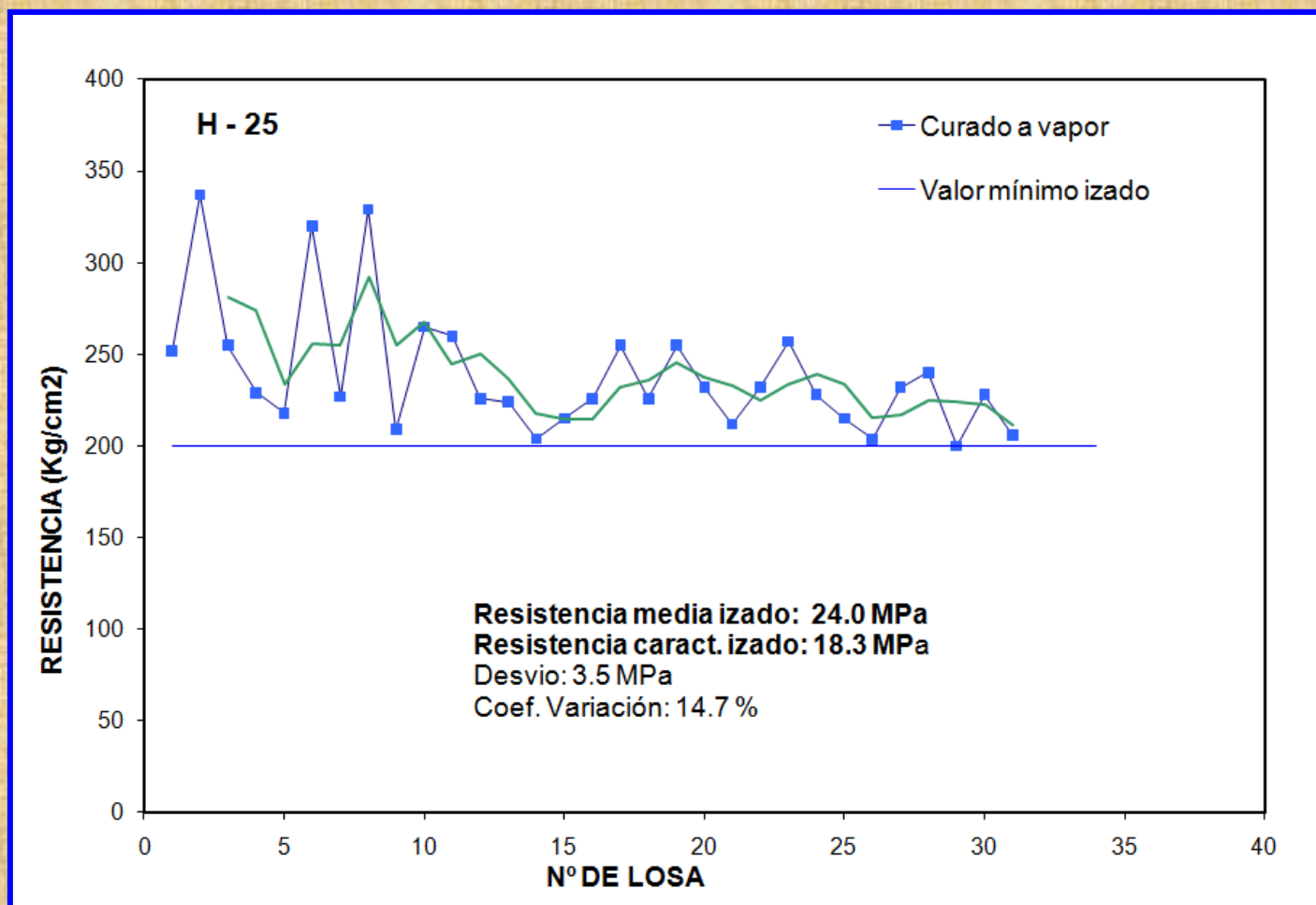


Losas PRENOVA – 11 x 8 x 0,06 m³

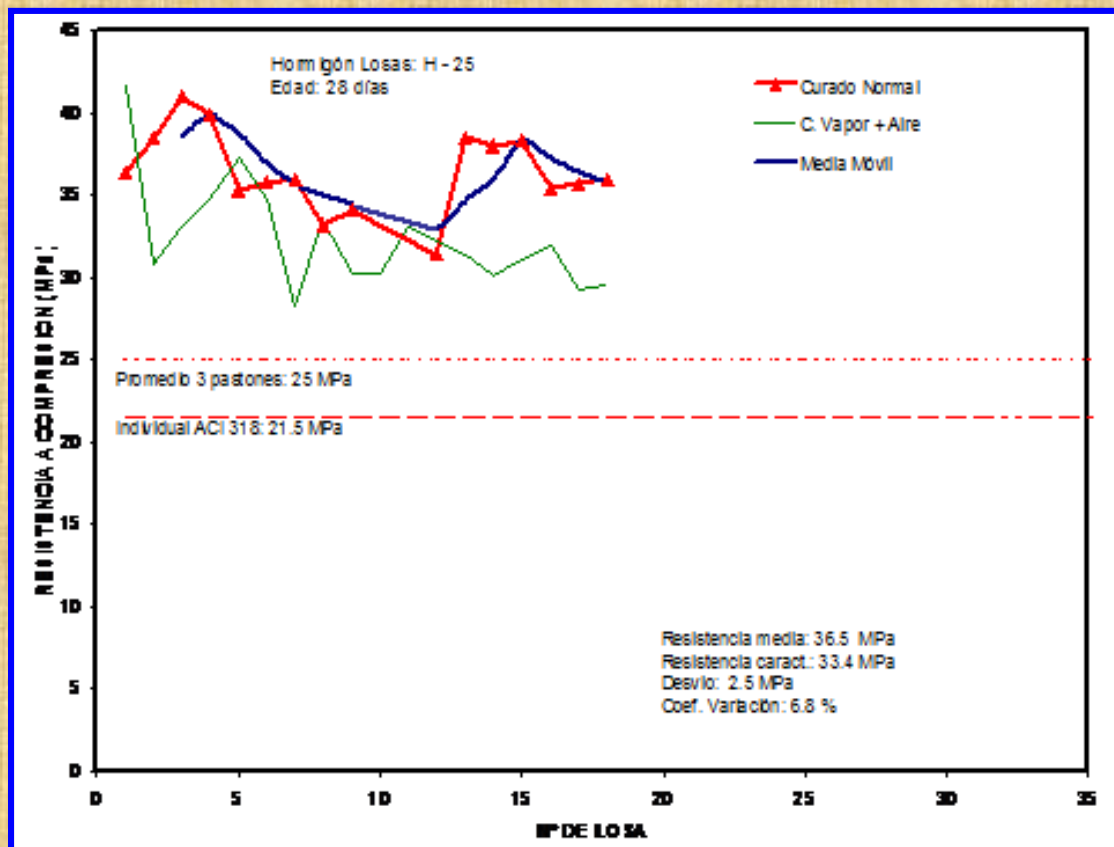




Cartas de control de resistencia de hormigón curado a vapor para el izado de losas



Cartas de control de resistencia de hormigón curado normal, a vapor y a vapor+aire



Curado del hormigón por aplicación de vapor a alta presión

Es necesario contar con cámaras de presión, abastecimiento permanente de vapor húmedo, temperaturas de curado de orden de **177 °C** y presiones de vapor de **8,5 kg/cm²**. En este tipo de curado se deberán tener en consideración los siguientes aspectos:



Curado a alta presión en autoclave, para elementos pequeños como pavimento articulado o bloques para muros.

El efecto del curado al **vapor a alta presión** sobre las propiedades del hormigón es el siguiente:

1. Se puede alcanzar a las **24 horas** la resistencia en compresión que se obtendría a los **28 días** por curado húmedo normal. Los productos de hidratación son estables y no hay regresión en la resistencia. Al año la resistencia es similar a la de hormigones de proporciones equivalentes curados bajo condiciones normales.
2. Se evidencia un incremento en la resistencia del hormigón al **ataque por sulfatos** y otros tipos de ataques químicos.

- 4.- Existe un incremento en la resistencia del hormigón a la acción de la **congelación y deshielo**.
- 5.- Se reducen las **eflorescencias** al eliminarse la cal que puede deslavar hacia la superficie.
- 6.- Su **contracción** es muy baja pudiendo ser del 33% al 15% de la de los hormigones curados a temperatura normal.
- 7.- Este tipo de curado reduce la **permeabilidad** del hormigón, no afecta el coeficiente de expansión térmica, ni el módulo de elasticidad.

Curado eléctrico, con aceite, microondas y rayos infrarrojos

Estos métodos están disponibles desde hace muchos años. En el **curado eléctrico del hormigón** se hace una corriente alterna a través del elemento, mediante la utilización de dos electrodos fijos al hormigón o colocados sobre la superficie del mismo. El curado se produce por aplicación de calor.

Hay una gran variedad de técnicas y **el costo es alto**:

- 1) uso del propio hormigón como conductor eléctrico,
- 2) uso del acero del refuerzo como elemento calentador,
- 3) uso de un alambre especial como elemento de calefacción,
- 4) mantas eléctricas, y
- 5) uso de encofrados metálicos calentados eléctricamente (actualmente el método más popular en los EE.UU.).

El **aceite caliente** (120 a 150°C) se lo puede hacer circular a través de serpentines o tuberías soldadas en la parte externa de moldes metálicos para calentar el hormigón.

El aceite nunca entra en contacto directo con el hormigón, y funciona estrictamente como un fluido caloportador (un transmisor de calor) dentro de un circuito cerrado.

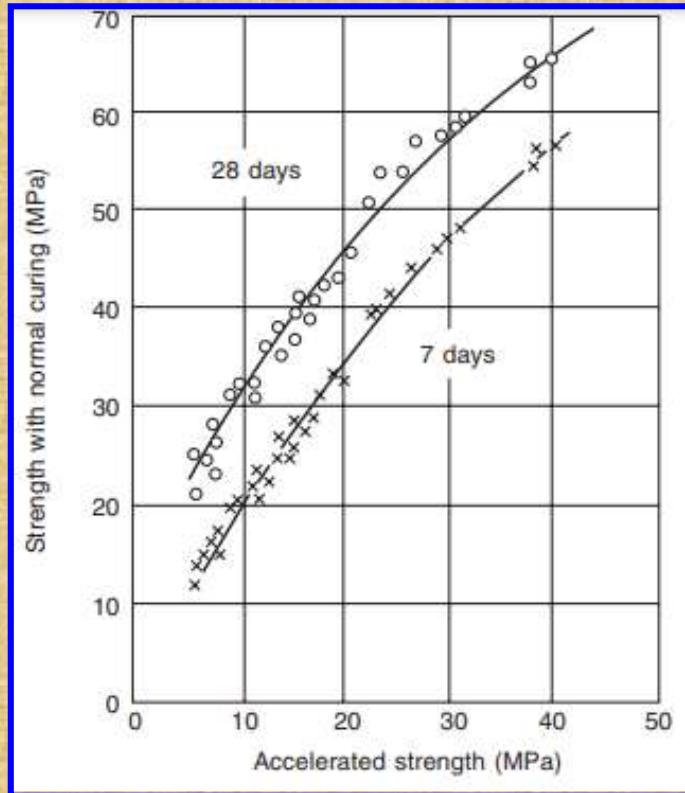
Los métodos eléctricos, con aceite e infrarrojo se utilizan principalmente en la industria del hormigón prefabricado.

El curado del hormigón por **aplicación de rayos infrarrojos** permite una ganancia de resistencia más rápida que cuando se emplea al vapor. Adicionalmente, la rápida elevación de temperatura inicial no da lugar a disminución de la resistencia final.

Este procedimiento es especialmente aplicable en la fabricación de tuberías, siendo la temperatura de operación de **90 °C** y la ubicación de la fuente de calor el espacio hueco en la tubería.

Los rayos infrarrojos tienen su empleo limitado al curado acelerado, y este tipo de curado es normalmente bajo una cubierta en el encofrado metálico.

Relación entre resistencias con curado normal y acelerado



Se han desarrollado varios ensayos acelerados y en edades tempranas ***para permitir que se hagan predicciones tempranas*** del comportamiento del hormigón en edades posteriores.

Programas de construcción de vía rápida y el uso de alto rendimiento hormigones requieren la remoción anticipada del encofrado in situ y, en las fábricas de prefabricados de hormigón, desmolde temprano que somete el hormigón a tensiones tempranas.

Métodos de ensayos acelerados en laboratorio

Norma IRAM 1552:

- ***Método del agua caliente:***

Se cubren la parte superior de los moldes de 15x30 cm, se lo coloca en agua a 35 ± 3 °C .

A las 23 h 30 minutos $\pm$ 30 minutos se retiran y desmoldan.

A las 24 h $\pm$ 15 minutos se ensayan.

- ***Método del agua hirviendo:***

Se almacenan las probetas cubiertas para no perder húmeda a 21 ± 6 °C.

A las 23 h 15 minutos del moldeo se las sumerge en agua hirviendo.

Después de 3 h 30 minutos $\pm$ 15 minutos de curado se las retira y desmolda.

Se las deja enfriar 1 h y se las ensaya a las 28 h 30 minutos $\pm$ 15 minutos.

- ***Método del curado autógeno:***

El molde lleno se sella con una bolsa plástica.

Se lo coloca en un recipiente aislado térmicamente con agua a 82 °C, en un ambiente a 21 ± 6 °C.

A las 48 h $\pm$ 15 min se desmoldan y se estacionan 30 min en laboratorio.

A las 49 h $\pm$ 15 min se las ensaya.

Métodos de ensayos acelerados en laboratorio

Norma BS 1881:

Método de 35 °C

- Inmediatamente después de moldear y sellar, los cubos se sumergen en agua a 35 ± 2 °C para 24 horas $\pm$ 15 minutos.
- El desmolde de los cubos se completa en no más de 15 minutos.
- Los cubos se ensayan inmediatamente después de sacarlo del tanque de curado.

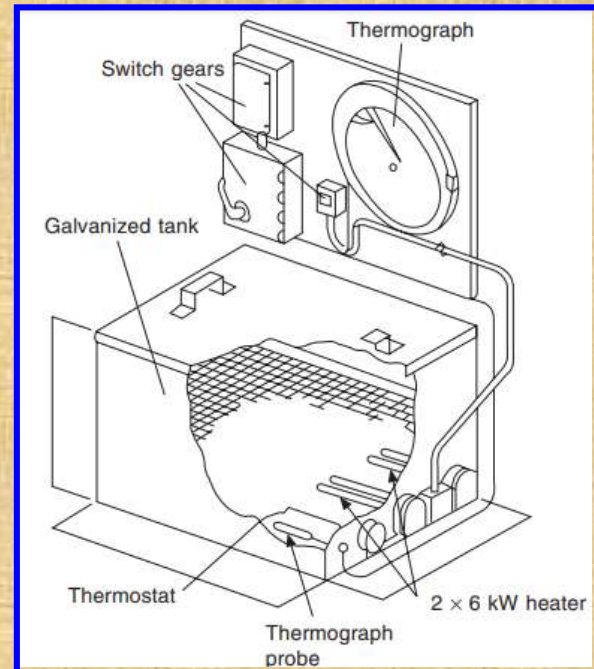
Método de 55 °C

- Después de moldear y sellar, los cubos se dejan en reposo a 20 ± 5 °C durante 1 hora a 1 hora 30 minutos.
- En no menos de 1,5 horas y no más de 3,5 horas después de mezclar, los cubos se sumergido en agua a 55 ± 2 °C durante no menos de 19 horas 50 minutos.
- El desmolde de los cubos se completa en no más de 20 horas.
- Los cubos se sumergen en agua a 20 ± 5 °C durante 1 a 2 horas.
- Los cubos se ensayan inmediatamente después de sacarlo del tanque de enfriamiento.

Método 82 ° C

- Después de moldear y sellar, los cubos se dejan en reposo a 20 ± 5 °C durante al menos 1 hora.
- Los cubos se colocan en un tanque vacío que luego se llena con agua del grifo a 5 °C para 20 °C.
- La temperatura del agua se eleva a 82 ± 2 °C en 2 horas $\pm$ 15 minutos y mantenido a esta temperatura durante 14 horas $\pm$ 15 minutos.
- El agua caliente se drena en 15 minutos.
- Los cubos se quitan, desmoldan y referencian inmediatamente.
- Los cubos se ensayan inmediatamente mientras aún está caliente.

Tanque de curado a 82 ° C, BS 1881



Procedimientos generales ASTM C-684

Son 4 métodos alternativos basados en diferentes regímenes de curado, que dan resultados después de 5, 24 , 28,5 o 49,5 horas después de la colada.

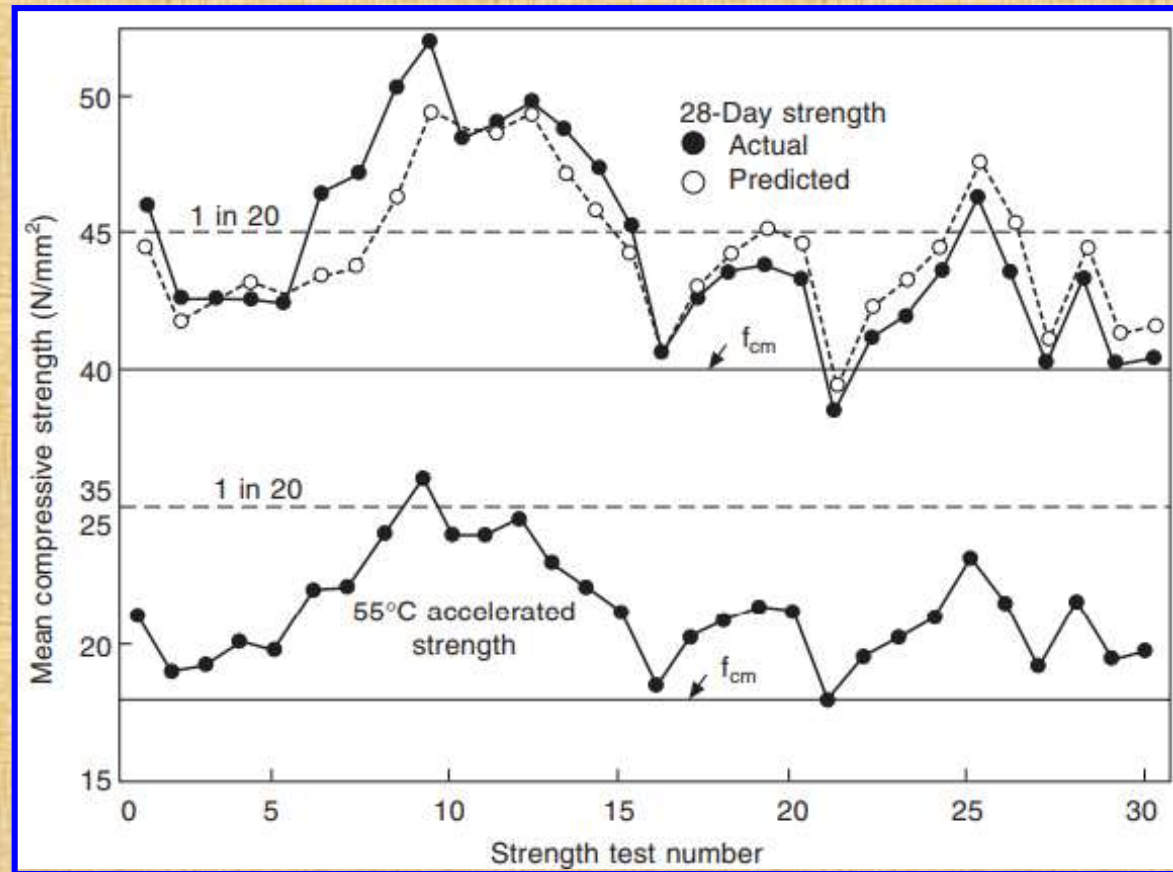
Procedimiento A - Método de calentamiento moderado (24 h a 35 ° C).

Procedimiento B - Método de aceleración térmica (agua hirviendo).

Procedimiento C - Método de curación autógena (el calor de hidratación liberado durante la reacción exotérmica entre el cemento y el agua se aprovecha como método para elevar la temperatura de las probetas de hormigón sin necesidad de ninguna fuente externa de calor.

Procedimiento D - Método de temperatura y presión elevadas (150 ± 3 ° C).

Cuando se hayan utilizado *pruebas aceleradas* en las especificaciones del contrato, la precaución ha dictado normalmente que las muestras curadas normalmente **también deben ser probadas a una edad posterior.**



Aplicación del Grado de Madurez del hormigón

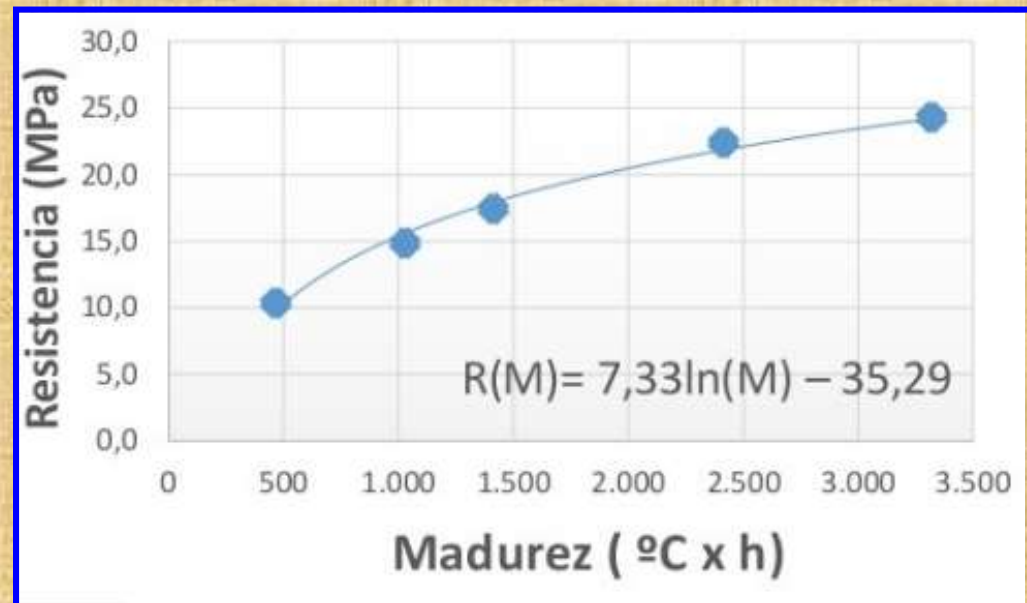
Dos hormigones, con los mismos materiales, con igual GM tendrán la misma resistencia.

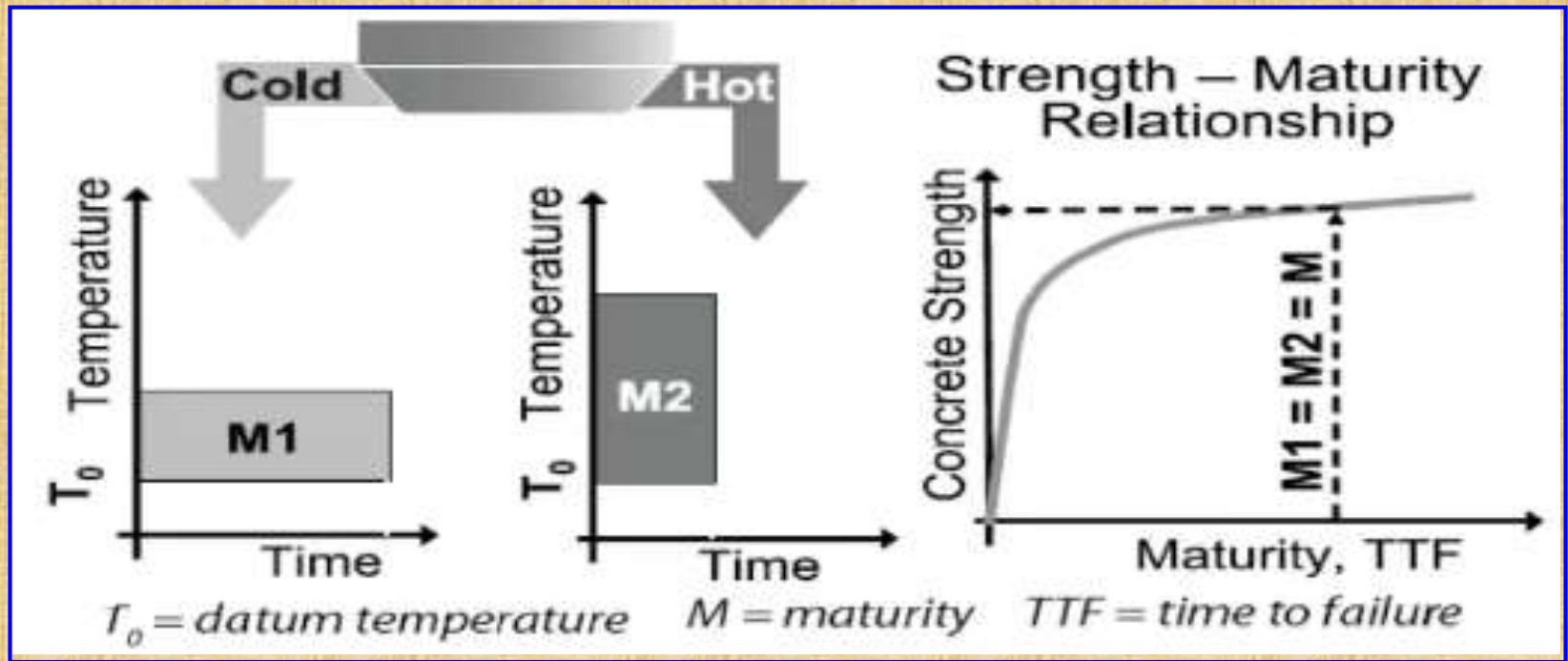
El endurecimiento alcanzado se puede evaluar comparando la madurez desarrollada por el hormigón colocado en la **estructura** con la madurez correspondiente el hormigón curado en condiciones de **laboratorio** (curado normal). Se calcula:

$$GM = \sum (T+10 \text{ }^{\circ}\text{C}) \cdot \Delta t$$

T: temperatura interior del hormigón

Δt : tiempo





T_0 = temperatura a la cual el hormigón no gana resistencia, - 10 °C

- Descimbre y desmolde
- Apertura al tránsito de pavimentos
- Plazos de Protección
- Elementos pre y postensados

maturitycentral.com

Ejemplo del uso del Grado de Madurez

Si la obra se realiza en invierno con temperaturas más bajas que la del laboratorio, 10 °C :

- GM (lab.) = $(20 + 10) \text{ °C} \cdot 28 \text{ d}$
- GM (obra) = $(10 + 10) \text{ °C} \cdot X \text{ d}$

$X = 840/20 = 42 \text{ d}$ (tendré la resistencia especificada a los 42 d., en vez de tenerla a los 28 días como se obtuvo en condiciones de laboratorio)

<https://www.iotprovoleta.com/>

Dispositivo para medir el grado de madurez

PROVOLETA es un dispositivo inalámbrico que permite estimar la resistencia del hormigón en tiempo real de manera remota mediante la aplicación del concepto de madurez.

PROVOLETA es reutilizable y estima la resistencia del hormigón en tiempo real mediante la conexión sencilla de sensores descartables que miden la temperatura en su masa. El método de madurez transforma la temperatura registrada en resistencia mecánica, previa calibración de la mezcla de obra en laboratorio.

PROVOLETA es un producto desarrollado en un todo de acuerdo con los lineamientos establecidos por el reglamento CIRSOC 201:2005 y la norma americana ASTM C1074.



Plazo de desencofrado y re-apuntalamiento:

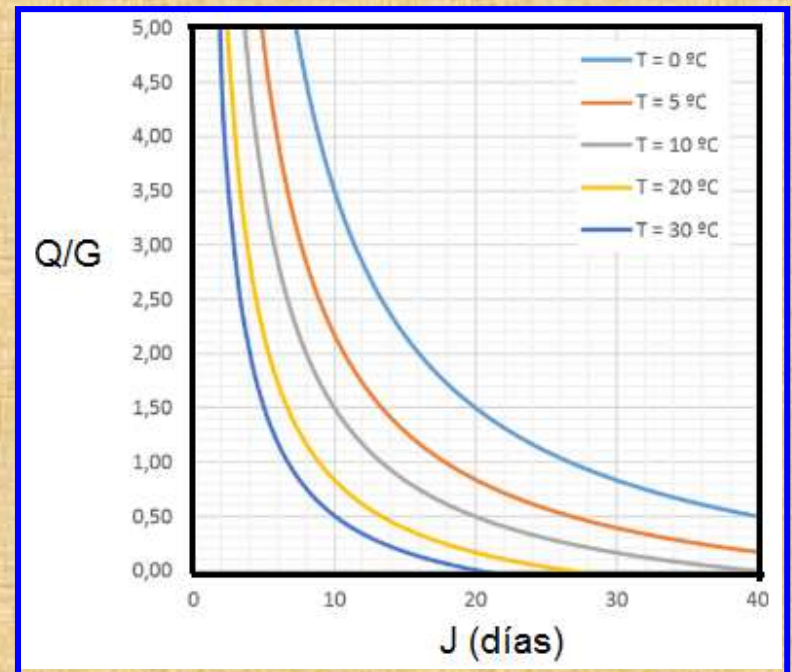
$$J = 400 / ((Q/G) + 0,5) \cdot (T+10))$$

J = número de días

T = temperatura media, en °C, de las máximas y mínimas diarias durante los “n” días.

G = carga que actúa sobre el elemento al descimbrar (incluyendo al peso propio).

Q = es la diferencia entre la carga que actúa según el proyecto y la carga que actúa al descimbrar.



Bibliografía

ACI 306, Committee 306. *“Guide to Cold Weather Concreting”*, ACI 306R-10. American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, Estados Unidos, 2010.
CIRSOC 200-24, *“Reglamento Argentino de Tecnología del Hormigón”*, INTI-CIRSOC, 2024.

Kosmatka, S.; Kerkhoff, B.; Panarese, W.C. & Tanesi, J., *“Diseño y Control de Mezclas de Concreto”*, Ed. Portland Cement Association, México, 2004.

Mehta, P. K. & Monteiro, P., *“Concrete. Microestructure, Properties and Materials”*, 3th Edition, Ed. Mc Graw-Hill Companies Inc., New Jersey, USA, 2006.

Yepes Piqueras, V. *“Nomograma para la Estimación del Plazo de Descimbrado Según el Código Estructural”*, 2023, <https://victoryepes.blogs.upv.es/2023/09/04/nomograma-para-la-estimacion-del-plazo-de-descimbrado-segun-el-codigo-estructural/>