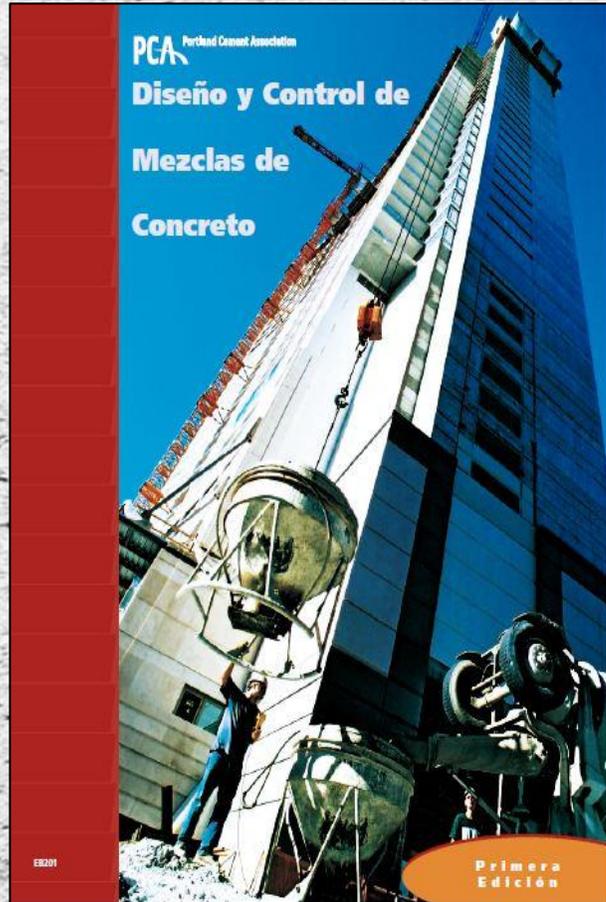




**Charlas Técnicas del Libro de la  
Portland Cement Association  
Diseño y Control de Mezclas de Concreto  
Colado en Clima Caluroso y Curado del Concreto**





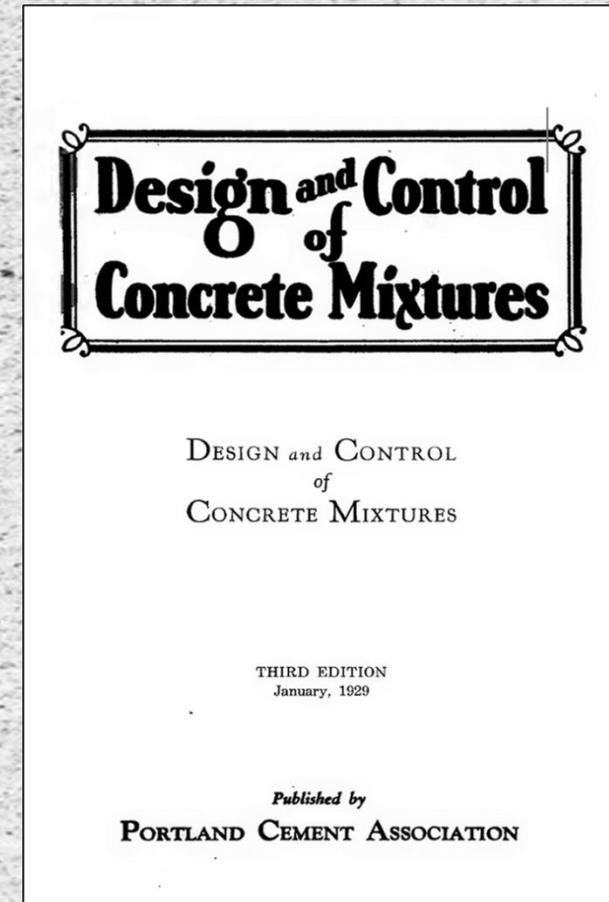
**Diseño y Control de Mezclas de Concreto**

Título, Copyright, y Prefacio y Agradecimientos

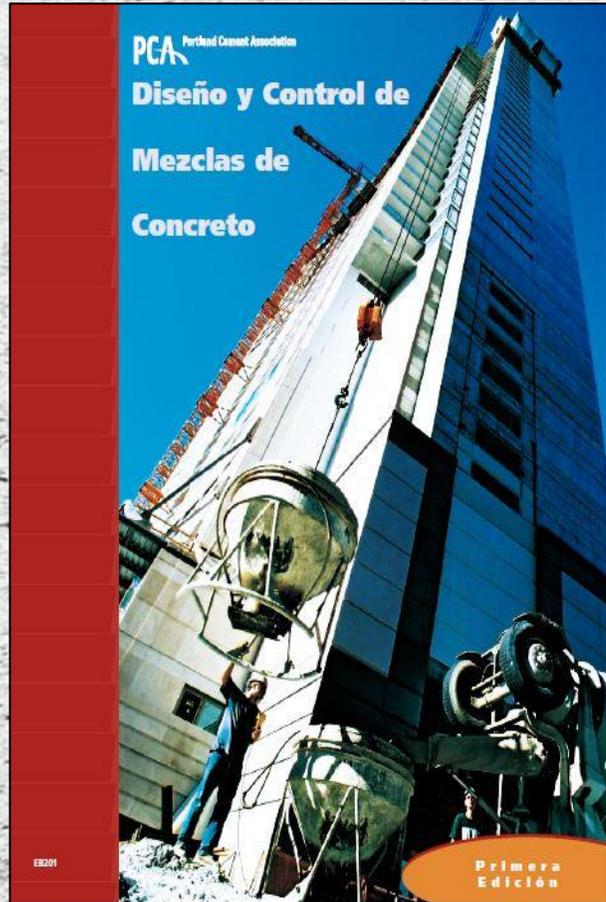
PDF  1 Fundamentos del Concreto	PDF  10 Dosificación, Mezclado, Transporte y Manejo del Concreto
PDF  2 Cementos Portland, Cementos Adicionados y Otros Cementos Hidráulicos	PDF  11 Colocación y Acabado del Concreto
PDF  3 Ceniza Volante, Escoria, Humo de Sílice y Puzolanas Naturales	PDF  12 Curado del Concreto
PDF  4 Agua de Mezcla para el Concreto	PDF  13 Colado en Clima Caluroso
PDF  5 Agregados para Concreto	PDF  14 Colado en Clima Frío
PDF  6 Aditivos para Concreto	PDF  15 Cambios de Volumen del Concreto
PDF  7 Fibras	PDF  16 Ensayos de Control del Concreto
PDF  8 Concreto con Aire Incluido	PDF  17 Concreto de Alto Desempeño
PDF  9 Diseño y Proporcionamiento de Mezclas de Concreto Normal	PDF  18 Concretos Especiales

PCA Portland Cement Association

Glosario	Publicaciones Adicionales Incluidas en este CD:
Sobre PCA	• Concreto de Cemento Blanco, EB224 / Hormigón de Cemento Blanco, EB222
Asociaciones	• Defectos Superficiales en Losas: Causas, Prevención, Reparación, IS542
Sinónimos	• Guía del Albañil, PA399
Normas	
Factores de Conversión para el Sistema Métrico	
Búsqueda del Libro	
Ayuda	







## Capítulo 12 Curado del Concreto

El curado es la mantención de la temperatura y del contenido de humedad satisfactorios, por un periodo de tiempo que empieza inmediatamente después de la colocación (colado) y del acabado, para que se puedan desarrollar las propiedades deseadas en el concreto (Fig. 12-1). Siempre se debe enfatizar la necesidad de curado pues tiene una fuerte influencia sobre las propiedades del concreto endurecido, o sea, el curado adecuado hace que el concreto tenga mayor durabilidad, resistencia, impermeabilidad, resistencia a abrasión, estabilidad dimensional, resistencia a congelación-deshielo y a descongelantes. Las losas expuestas son especialmente sensibles al curado, pues se puede reducir significativamente el desarrollo de la resistencia mecánica y la resistencia a la congelación-deshielo en su superficie, cuando el curado no es apropiado.

Cuando el cemento portland se mezcla con el agua, empieza una reacción química, llamada de hidratación. El

grado de hidratación (extensión hasta la cual la reacción se completó) tiene influencia sobre la resistencia y la durabilidad del concreto. El concreto recién mezclado normalmente contiene más agua que la requerida para la hidratación del cemento, sin embargo la pérdida excesiva de agua por evaporación puede disminuir o prevenir la hidratación adecuada. La superficie es particularmente susceptible a la hidratación insuficiente porque se seca primero. Si la temperatura es favorable, la hidratación es relativamente rápida en los primeros días después de la colocación del concreto. Por lo tanto, es importante que se retenga agua en el concreto durante este período, o sea, se debe evitar la evaporación o reducirla considerablemente.

Con el curado adecuado, el concreto se vuelve más impermeable y más resistente a esfuerzos, a abrasión y a congelación-deshielo. El desarrollo de las propiedades es muy rápido en los primeros días, pero después continúa más lentamente por un periodo de tiempo indefinido. Las Figuras 12-2 y 12-3 muestran el desarrollo de la resistencia



Fig. 12-1. El curado debe empezar en cuanto el concreto se endurezca suficientemente para prevenir la erosión de la superficie. El yute (arpillera, estopa) rociada con agua es un método efectivo para el curado húmedo. (IMG12363)

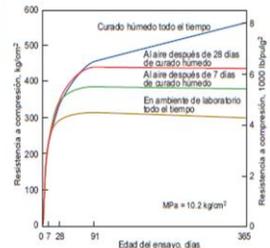


Fig. 12-2. Efecto del tiempo de curado húmedo sobre el desarrollo de la resistencia del concreto (Gonnerman y Shuman 1928).

## Capítulo 13 Colado en Clima Caluroso

Las condiciones del clima en la obra – caluroso o frío, ventoso o calmo, seco o húmedo – pueden ser muy distintas de 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 concreto. Las condiciones de clima caluroso influyen adversamente la calidad del concreto, 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 concreto
- 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 revenimiento (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 incluido (incorporado)
- Aumento de la temperatura del concreto, 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 concreto 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 (retracción) por secado
- Disminución de la resistencia a abrasión, por la tendencia de mojar agua durante el acabado

El trabajo en concreto se podrá ejecutar tranquilamente sólo si se anticipan estas dificultades y si se toman precauciones para aliviarlas. Para más informaciones sobre el tema de arriba, consulte ACI comité 305 (1999).

### CUANDO TOMAR PRECAUCIONES

La temperatura más favorable para lograr una alta calidad del concreto fresco es normalmente más baja que aquella obtenida, durante el clima cálido, sin enfriamiento artificial. Es deseable una temperatura del concreto de 10°C a 15°C (50°F a 60°F) para maximizar las propiedades de la mezcla, pero tal temperatura no siempre es posible. Muchas especificaciones requieren sólo que el concreto tenga una temperatura igual o inferior a 29°C a 32°C (85°F a 90°F), durante su colocación (colado). La especificación ASTM C 94 (AASHTO M 157) para el concreto premezclado dice que se



Fig. 13-1. El nitrógeno líquido, adicionado directamente en el camión mezclador en la planta de concreto premezclado, es un método eficiente de reducción de la temperatura del concreto durante la colocación en clima caluroso o en la colocación del concreto masivo. (IMG12357)

# Condiciones Perjudiciales del Clima Caluroso

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

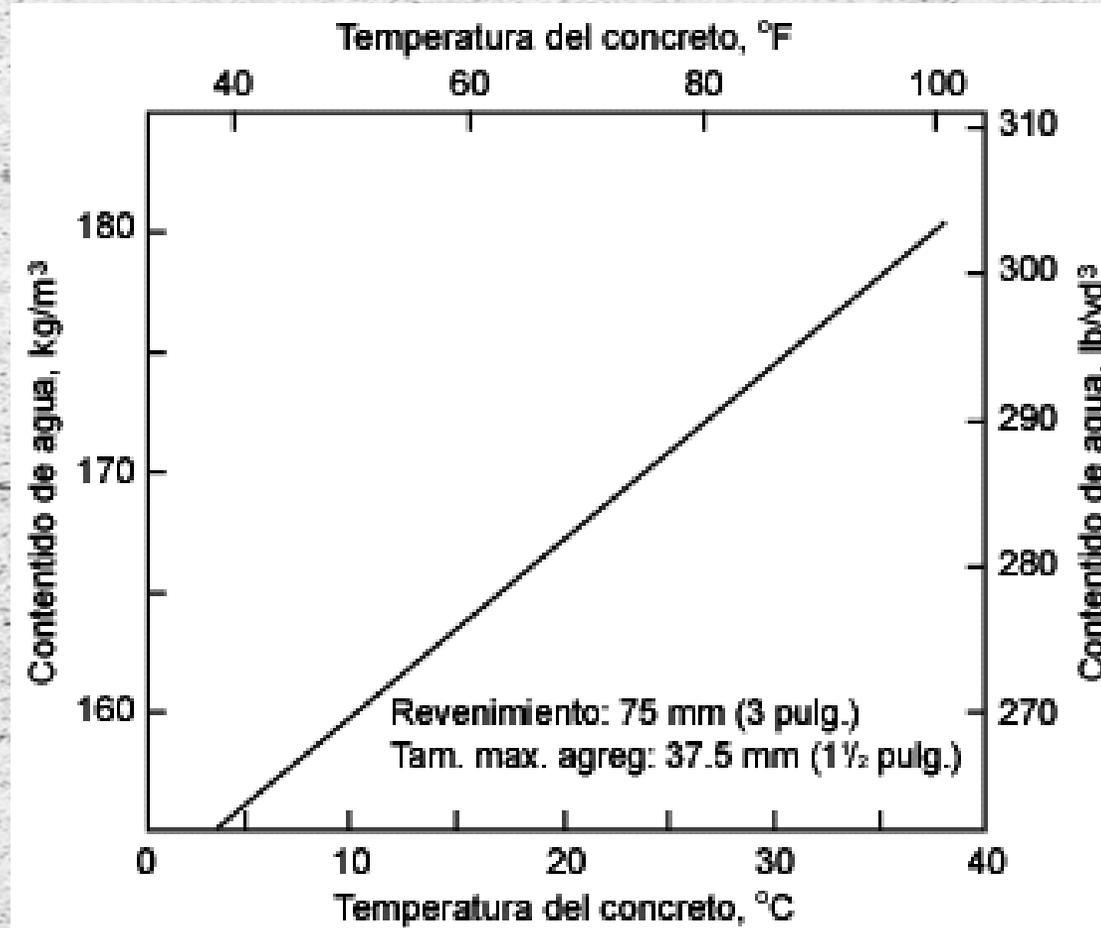
- Aumento de la demanda de agua
- Pérdida acelerada de revenimiento (asentamiento)
- Fraguado más rápido
- Aumento de la tendencia de fisuración plástica
- Dificultad de control del aire incluido
- Aumento del potencial de fisuración térmica

## Precauciones

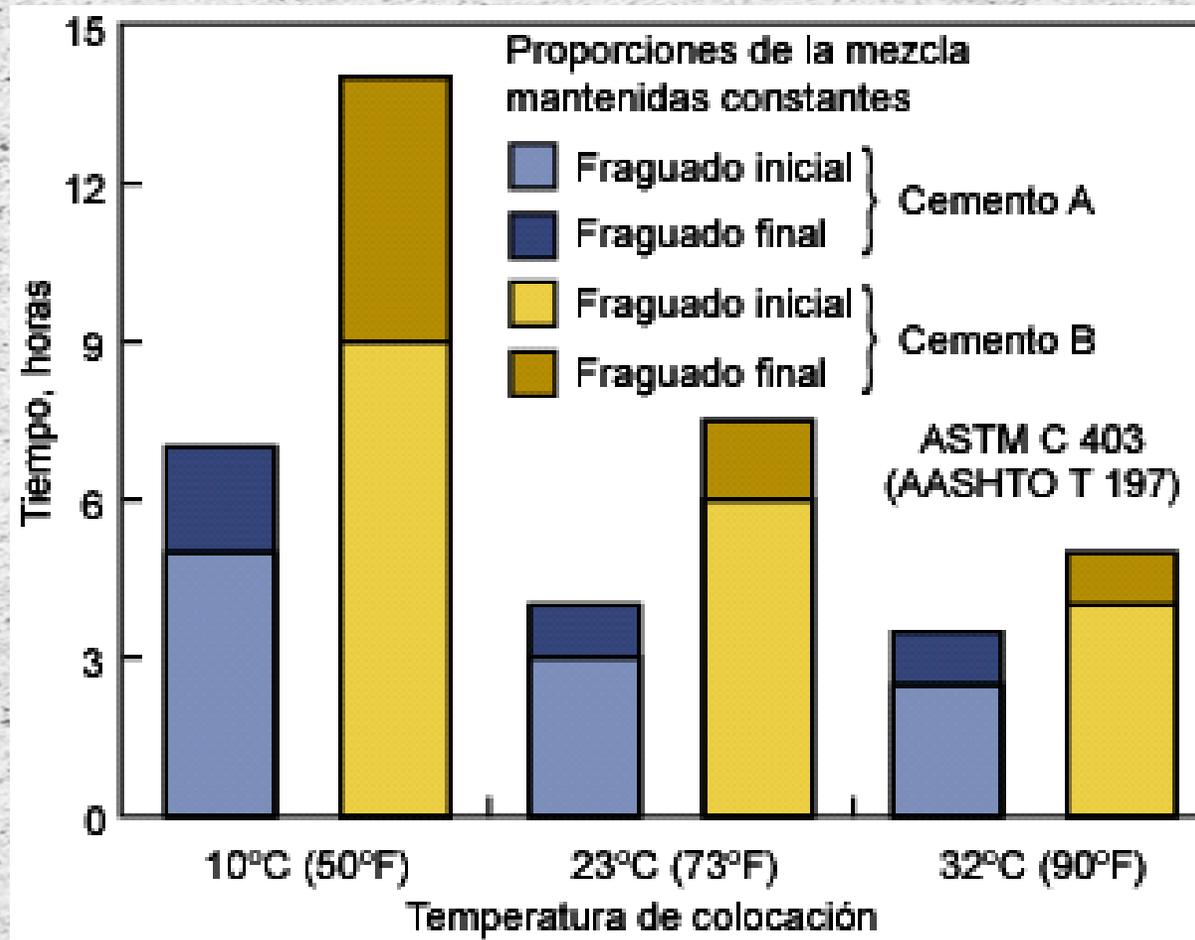


- Enfriamiento del concreto
- Enfriamiento de los ingredientes del concreto
- Disminución del tiempo de transporte, colocación y acabado
- Uso de sombrillas, parabrisas, niebla y rociado para limitar la pérdida de humedad durante la colocación y el acabado

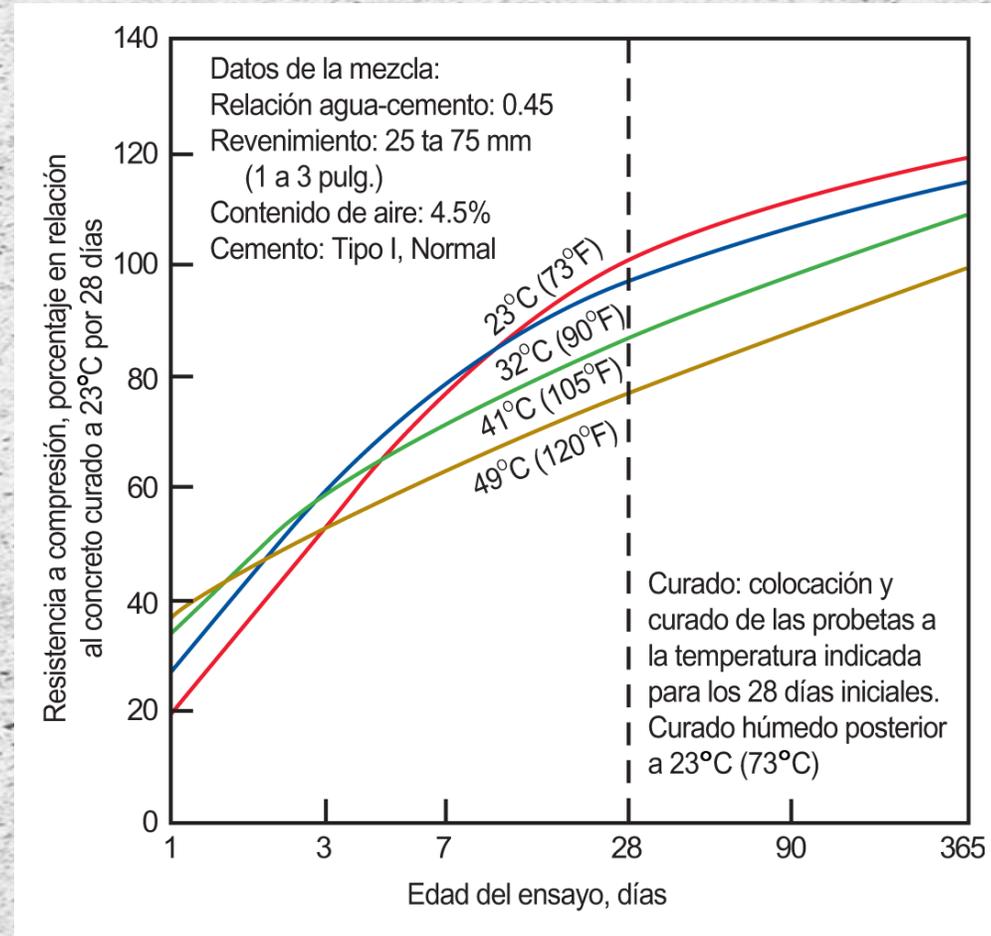
# Efecto de la Temperatura del Concreto sobre la Demanda de Agua



# Efecto de la Temperatura del Concreto sobre el Tiempo de Fraguado



# Efecto de la Temperatura del Concreto sobre la Resistencia



# Efecto de la Temperatura de los Materiales sobre las Temperaturas del Concreto

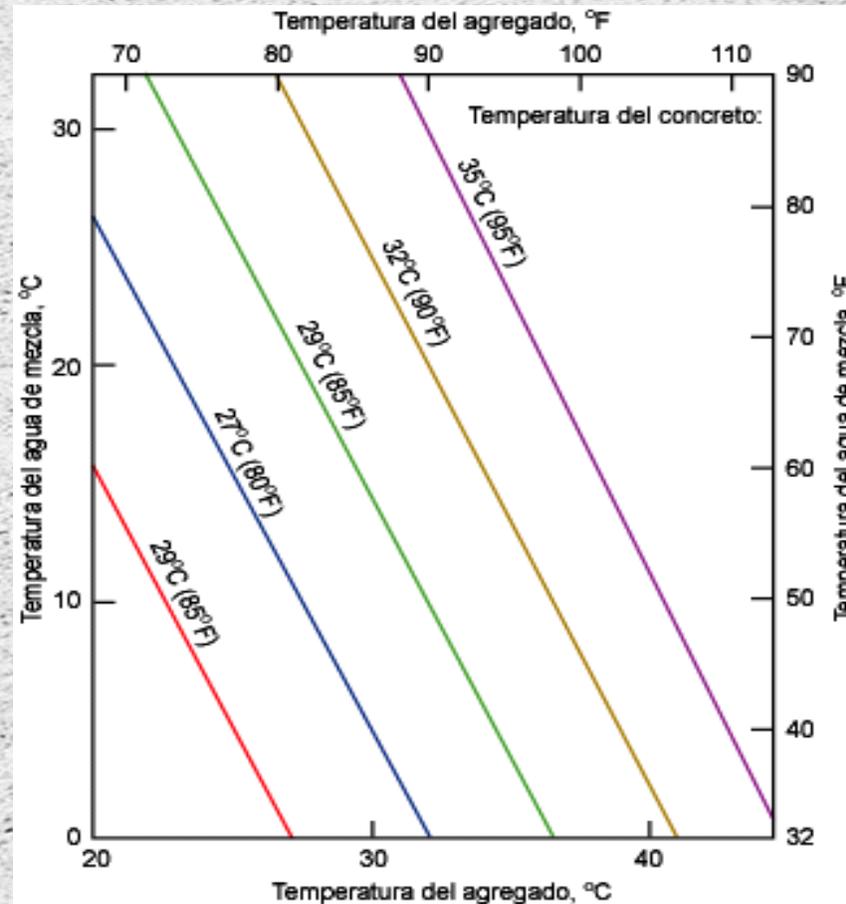
$$T = \frac{0.22(T_a M_a + T_c M_c) + T_w M_w + T_{wa} M_{wa}}{0.22(M_a + M_c) + M_w + M_{wa}}$$

T = temperatura del concreto 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 (lb), de los agregados, materiales cementantes, agua de mezcla y humedad libre en los agregados, respectivamente

# Colado en Clima Caluroso



# Efecto del Hielo sobre la Temperatura del Concreto

$$T (^{\circ}\text{C}) = \frac{0.22(T_a M_a + T_c M_c) + T_w M_w + T_{wa} M_{wa} - 80 M_i}{0.22(M_a + M_c) + M_w + M_{wa} + M_i}$$

$$T (^{\circ}\text{F}) = \frac{0.22(T_a M_a + T_c M_c) + T_w M_w + T_{wa} M_{wa} - 112 M_i}{0.22(M_a + M_c) + M_w + M_{wa} + M_i}$$

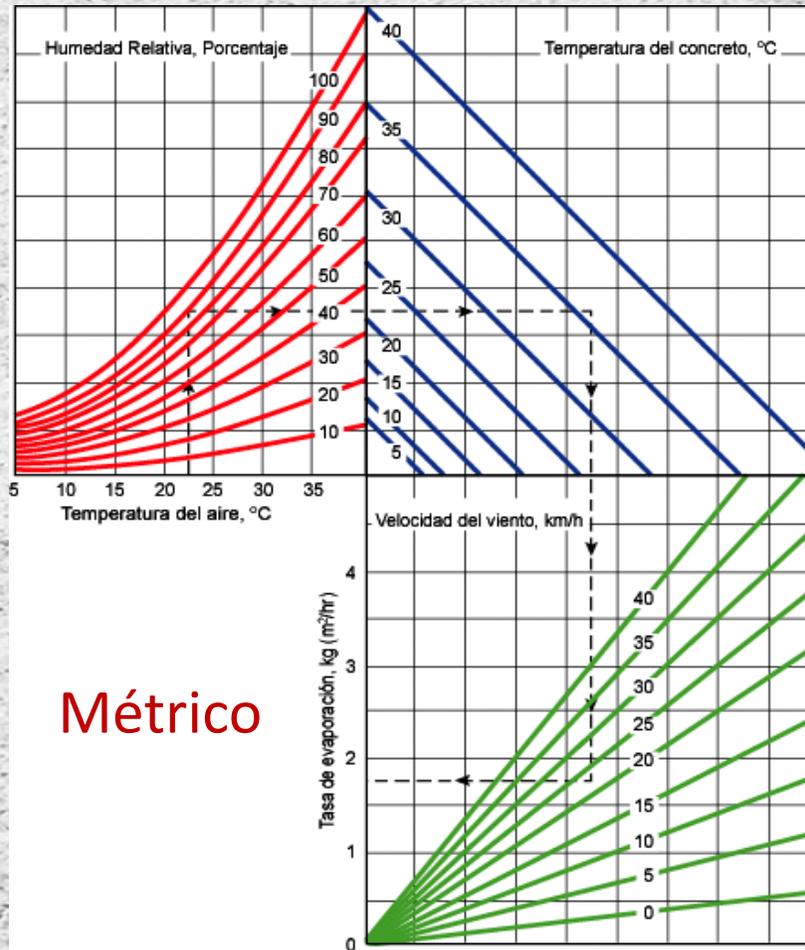


# Fisuración por Contracción Plástica



- Causada por la evaporación de la humedad de la superficie. Las condiciones que aumentan la evaporación son:
  - ◆ Alta temperatura del concreto
  - ◆ Baja humedad
  - ◆ Alta velocidad del viento

# Evaporación de la Humedad de la Superficie del Concreto



Métrico

# Precauciones para Disminuir la Fisuración por Contracción Plástica



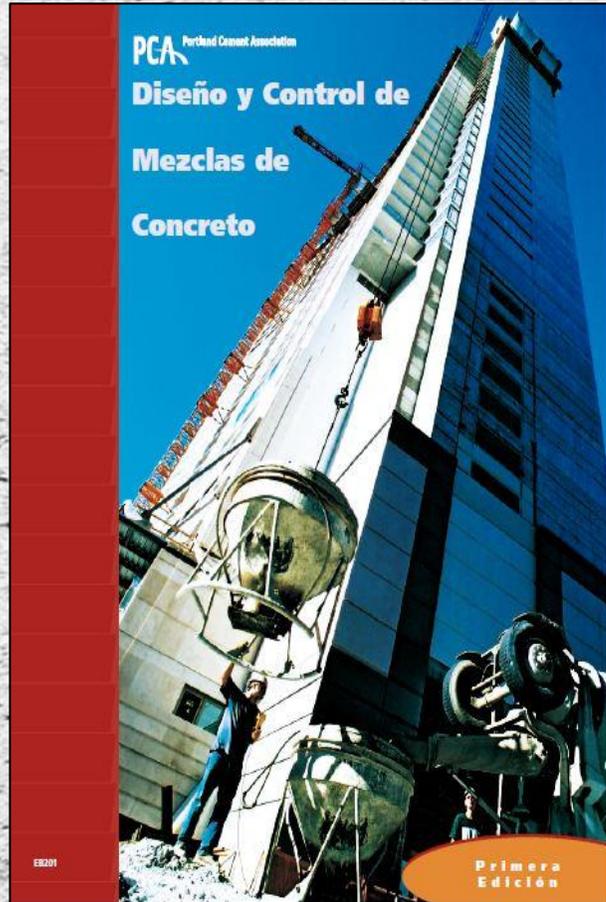
- Humedecer los agregados
- Enfriamiento de los agregados y del agua de mezcla
- Humedecer la subrasante
- Levantar sombrillas y parabrisas temporarios
- Cubrir el concreto
- Rociar la losa inmediatamente después de la colocación
- Adicionar fibras plásticas





**Charlas Técnicas del Libro de la  
Portland Cement Association  
Diseño y Control de Mezclas de Concreto  
Colado en Clima Caluroso y Curado del Concreto**





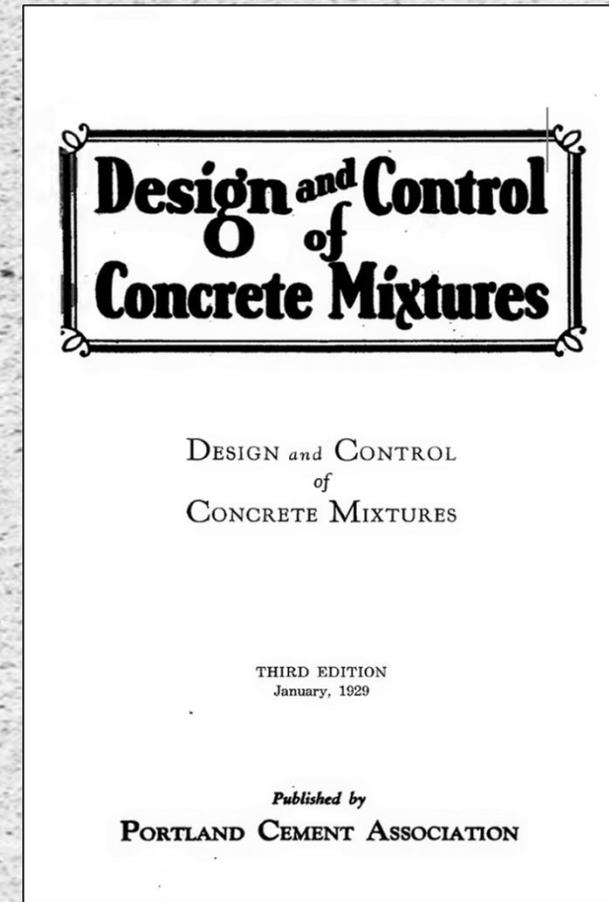
**Diseño y Control de Mezclas de Concreto**

Título, Copyright, y Prefacio y Agradecimientos

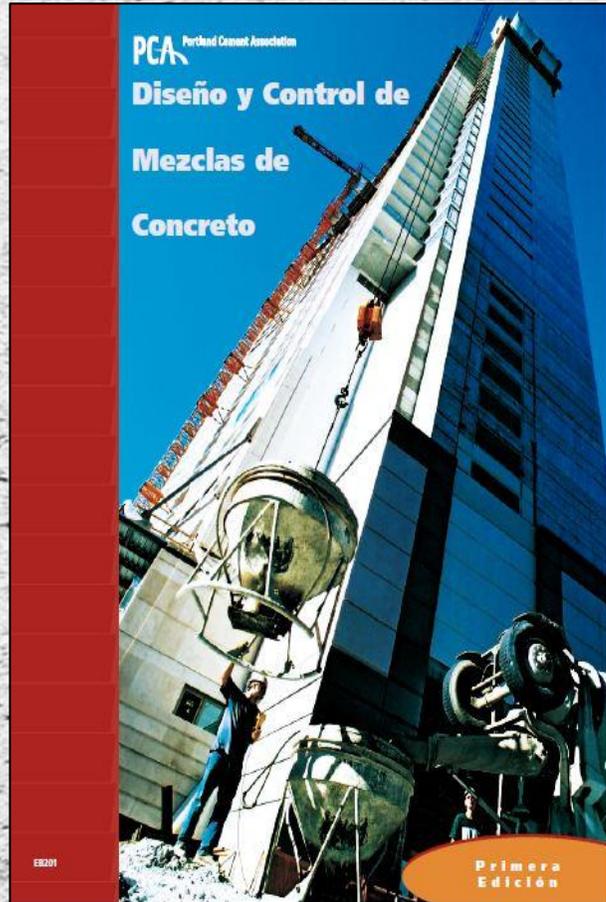
PDF  1 Fundamentos del Concreto	PDF  10 Dosificación, Mezclado, Transporte y Manejo del Concreto
PDF  2 Cementos Portland, Cementos Adicionados y Otros Cementos Hidráulicos	PDF  11 Colocación y Acabado del Concreto
PDF  3 Ceniza Volante, Escoria, Humo de Sílice y Puzolanas Naturales	PDF  12 Curado del Concreto
PDF  4 Agua de Mezcla para el Concreto	PDF  13 Colado en Clima Caluroso
PDF  5 Agregados para Concreto	PDF  14 Colado en Clima Frío
PDF  6 Aditivos para Concreto	PDF  15 Cambios de Volumen del Concreto
PDF  7 Fibras	PDF  16 Ensayos de Control del Concreto
PDF  8 Concreto con Aire Incluido	PDF  17 Concreto de Alto Desempeño
PDF  9 Diseño y Proporcionamiento de Mezclas de Concreto Normal	PDF  18 Concretos Especiales

PCA Portland Cement Association

Glosario	Publicaciones Adicionales Incluidas en este CD:
Sobre PCA	• Concreto de Cemento Blanco, EB224 / Hormigón de Cemento Blanco, EB222
Asociaciones	• Defectos Superficiales en Losas: Causas, Prevención, Reparación, IS542
Sinónimos	• Guía del Albañil, PA399
Normas	
Factores de Conversión para el Sistema Métrico	
Búsqueda del Libro	
Ayuda	







## Capítulo 12 Curado del Concreto

El curado es la mantención de la temperatura y del contenido de humedad satisfactorios, por un periodo de tiempo que empieza inmediatamente después de la colocación (colado) y del acabado, para que se puedan desarrollar las propiedades deseadas en el concreto (Fig. 12-1). Siempre se debe enfatizar la necesidad de curado pues tiene una fuerte influencia sobre las propiedades del concreto endurecido, o sea, el curado adecuado hace que el concreto tenga mayor durabilidad, resistencia, impermeabilidad, resistencia a abrasión, estabilidad dimensional, resistencia a congelación-deshielo y a descongelantes. Las losas expuestas son especialmente sensibles al curado, pues se puede reducir significativamente el desarrollo de la resistencia mecánica y la resistencia a la congelación-deshielo en su superficie, cuando el curado no es apropiado.

Cuando el cemento portland se mezcla con el agua, empieza una reacción química, llamada de hidratación. El

grado de hidratación (extensión hasta la cual la reacción se completó) tiene influencia sobre la resistencia y la durabilidad del concreto. El concreto recién mezclado normalmente contiene más agua que la requerida para la hidratación del cemento, sin embargo la pérdida excesiva de agua por evaporación puede disminuir o prevenir la hidratación adecuada. La superficie es particularmente susceptible a la hidratación insuficiente porque se seca primero. Si la temperatura es favorable, la hidratación es relativamente rápida en los primeros días después de la colocación del concreto. Por lo tanto, es importante que se retenga agua en el concreto durante este período, o sea, se debe evitar la evaporación o reducirla considerablemente.

Con el curado adecuado, el concreto se vuelve más impermeable y más resistente a esfuerzos, a abrasión y a congelación-deshielo. El desarrollo de las propiedades es muy rápido en los primeros días, pero después continúa más lentamente por un periodo de tiempo indefinido. Las Figuras 12-2 y 12-3 muestran el desarrollo de la resistencia



Fig. 12-1. El curado debe empezar en cuanto el concreto se endurezca suficientemente para prevenir la erosión de la superficie. El yute (arpillera, estopa) rociada con agua es un método efectivo para el curado húmedo. (IMG12363)

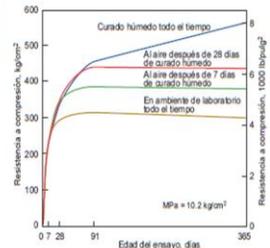


Fig. 12-2. Efecto del tiempo de curado húmedo sobre el desarrollo de la resistencia del concreto (Gonnerman y Shuman 1928).

## Capítulo 13 Colado en Clima Caluroso

Las condiciones del clima en la obra – caluroso o frío, ventoso o calmo, seco o húmedo – pueden ser muy distintas de 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 concreto. Las condiciones de clima caluroso influyen adversamente la calidad del concreto, 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 concreto
- 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 revenimiento (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 incluido (incorporado)
- Aumento de la temperatura del concreto, 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 concreto 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 (retracción) por secado
- Disminución de la resistencia a abrasión, por la tendencia de mojar agua durante el acabado

El trabajo en concreto se podrá ejecutar tranquilamente sólo si se anticipan estas dificultades y si se toman precauciones para aliviarlas. Para más informaciones sobre el tema de arriba, consulte ACI comité 305 (1999).

### CUANDO TOMAR PRECAUCIONES

La temperatura más favorable para lograr una alta calidad del concreto fresco es normalmente más baja que aquella obtenida, durante el clima cálido, sin enfriamiento artificial. Es deseable una temperatura del concreto de 10°C a 15°C (50°F a 60°F) para maximizar las propiedades de la mezcla, pero tal temperatura no siempre es posible. Muchas especificaciones requieren sólo que el concreto tenga una temperatura igual o inferior a 29°C a 32°C (85°F a 90°F), durante su colocación (colado). La especificación ASTM C 94 (AASHTO M 157) para el concreto premezclado dice que se



Fig. 13-1. El nitrógeno líquido, adicionado directamente en el camión mezclador en la planta de concreto premezclado, es un método eficiente de reducción de la temperatura del concreto durante la colocación en clima caluroso o en la colocación del concreto masivo. (IMG12357)

El curado adecuado requiere:



- Humedad
- Temperatura
- Tiempo

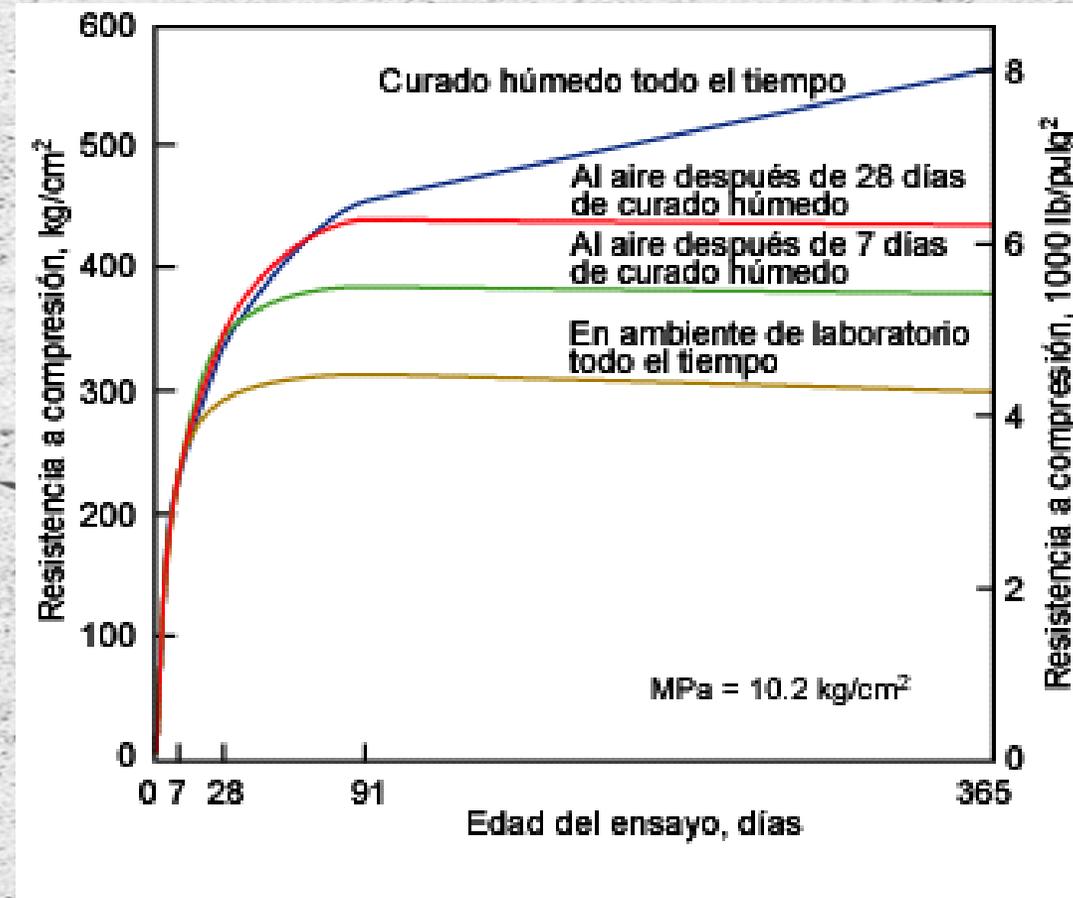
**Si se descuida de alguno de estos factores, las propiedades deseadas no se van a desarrollar.**

# Efecto del Curado Adecuado sobre el Concreto Endurecido

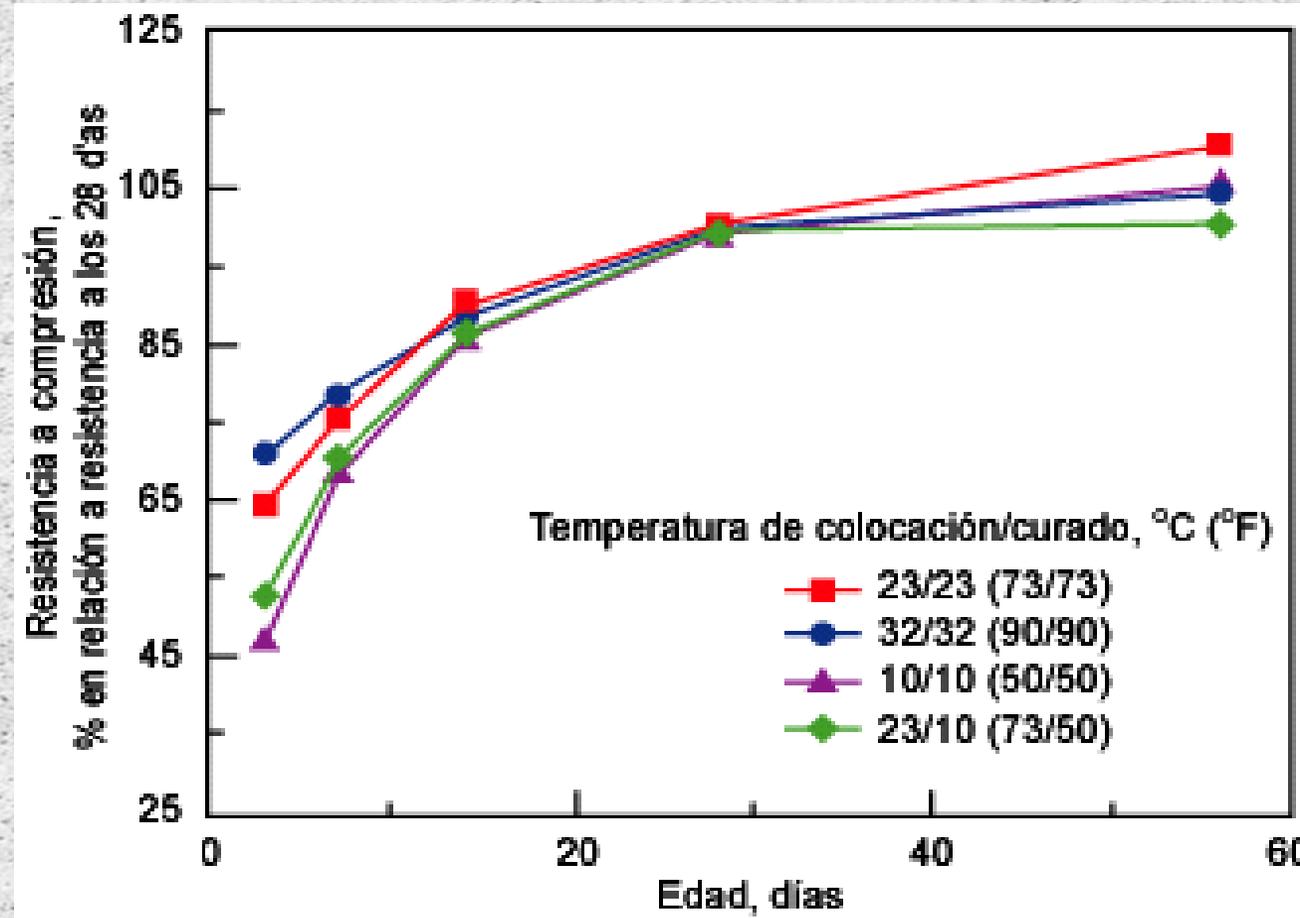
Aumento de:

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

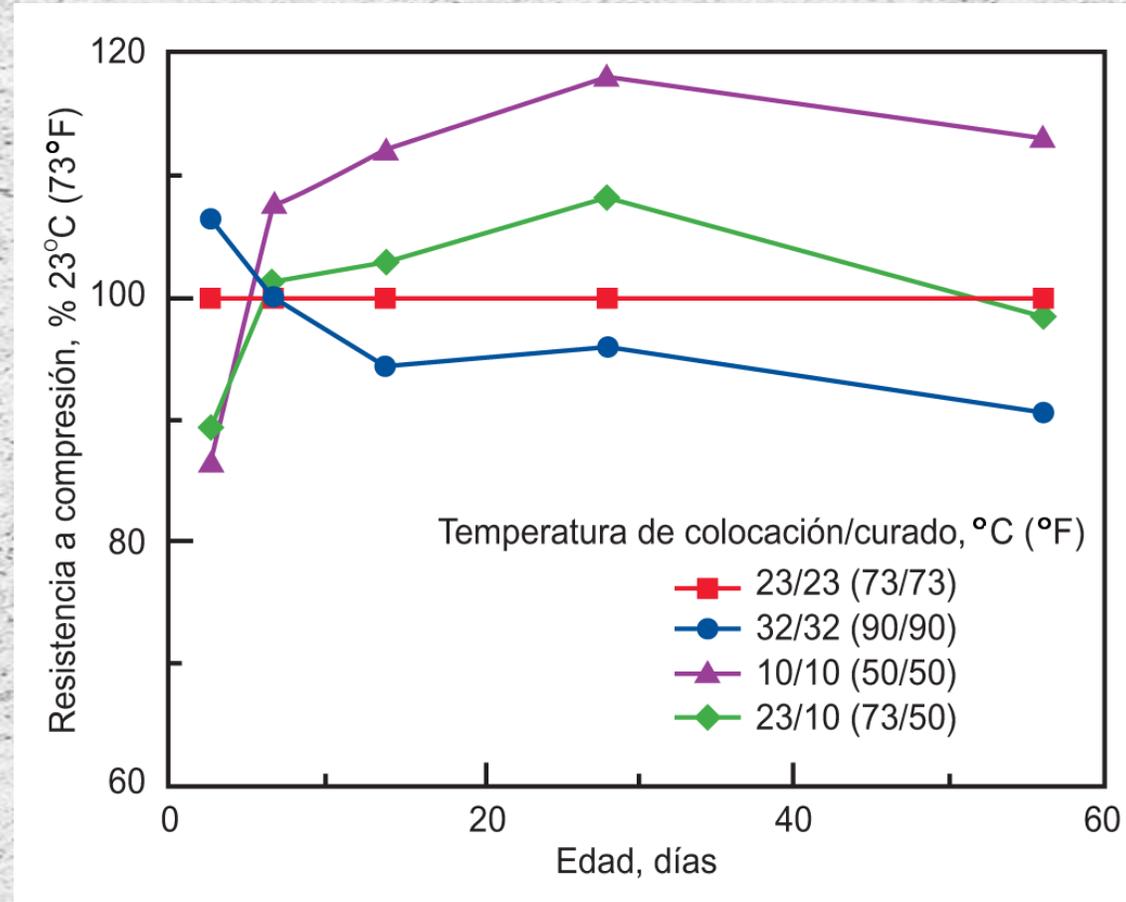
# Efecto del Curado Húmedo



# Efecto de la Temperatura de Curado sobre la Resistencia



# Efecto de la Temperatura de Curado sobre la Resistencia



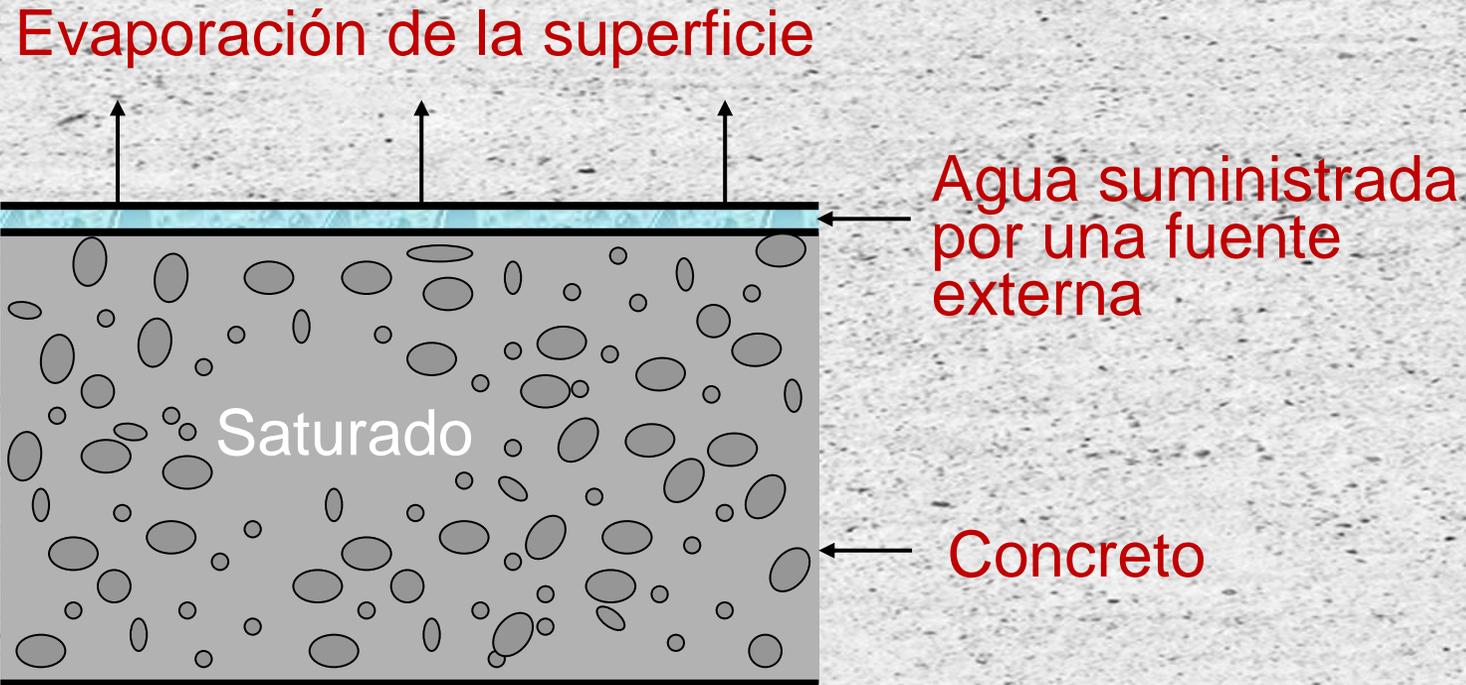
## Métodos de Curado



1. Suministro de agua adicional con:
  - Encharcamiento o inmersión
  - Rociado, aspersión o niebla
  - Coberturas húmedas



# Curado del Concreto por Suministro de Agua



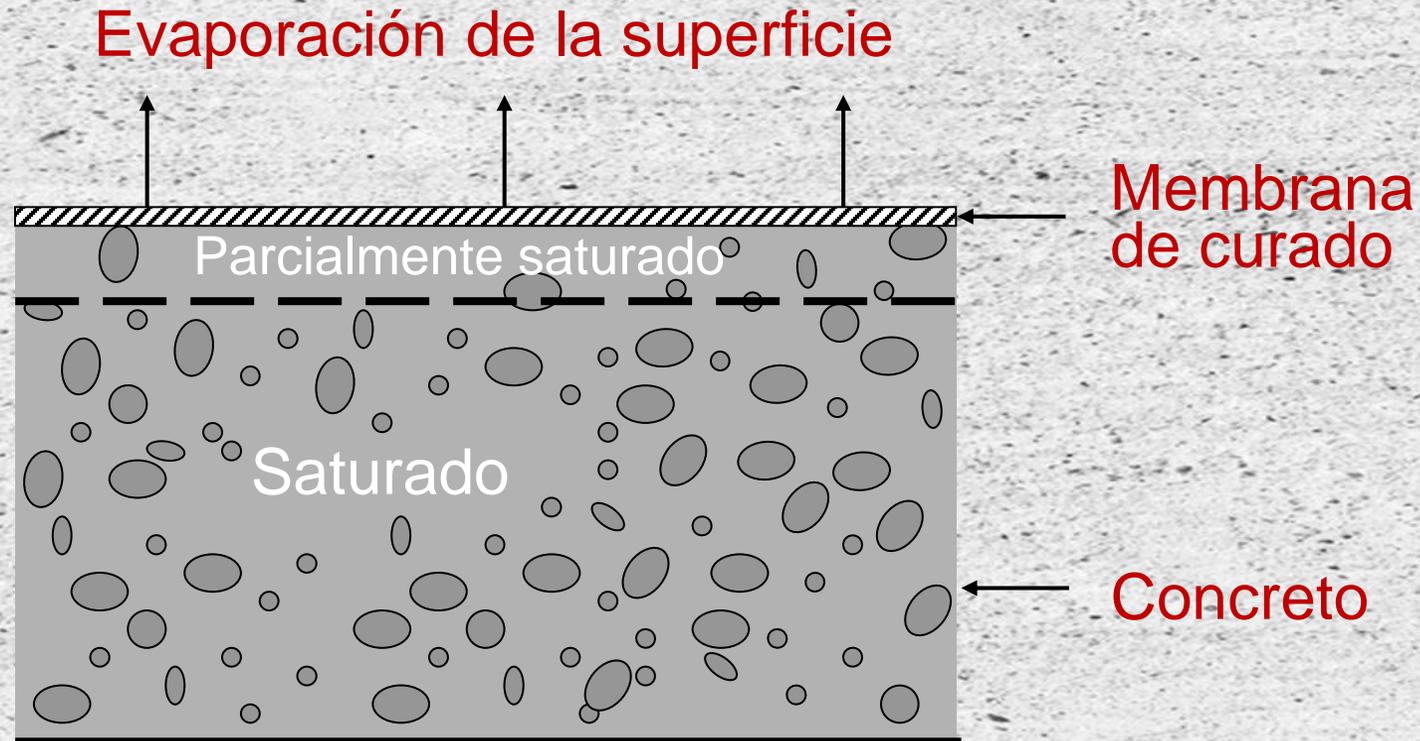
## Métodos de Curado



### 2. Sellado del agua de la mezcla:

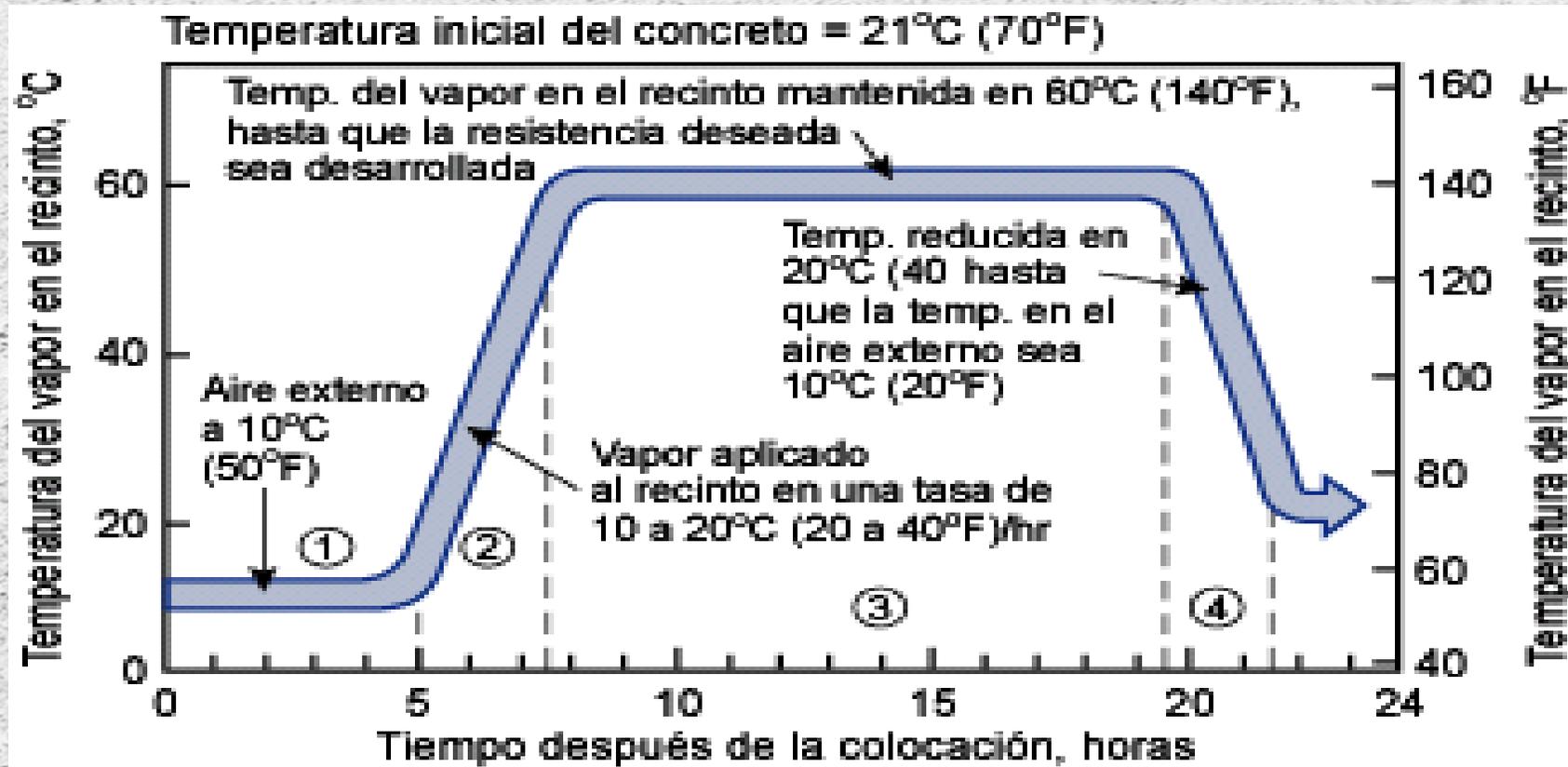
- Hojas de plástico
- Compuestos de curado formadores de membrana

# Curado del Concreto con Membrana

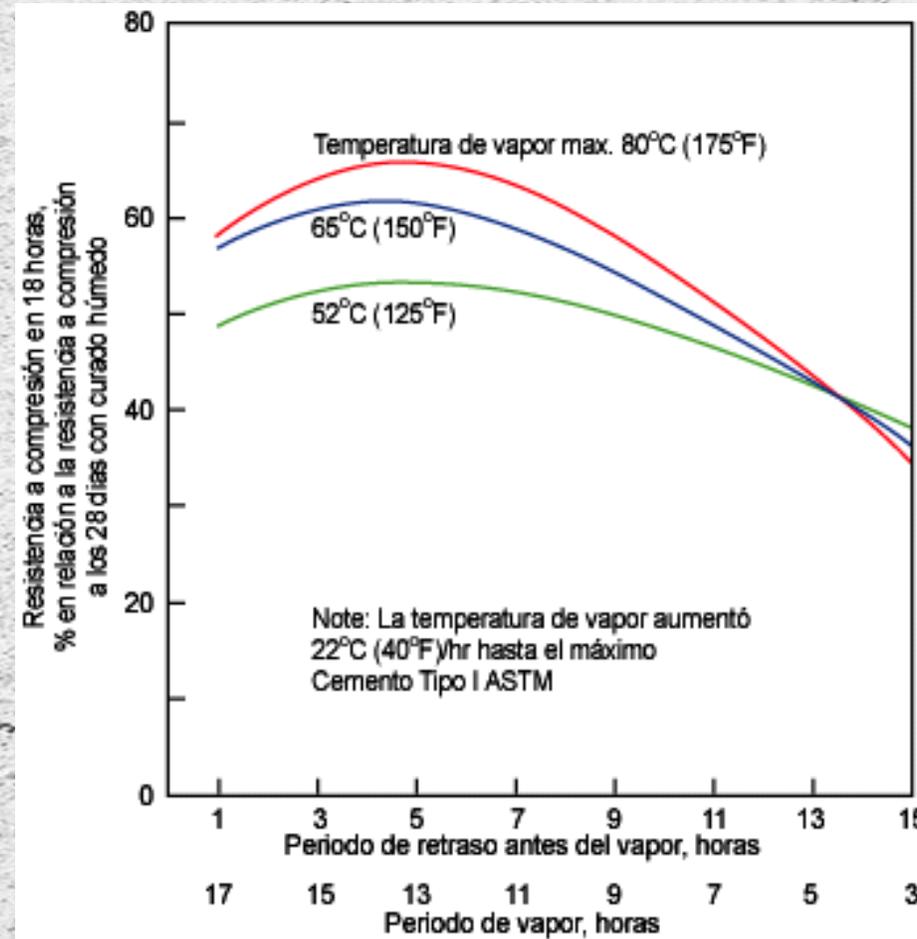


3. El desarrollo de la resistencia se acelera con:
  - Vapor directo (vivo)
  - Espiral de calentamiento
  - Cimbras o almohadillas calentadas eléctricamente

# Curado a Vapor



# Resistencia vs Curado Húmedo



# Resistencia vs Temperatura de Curado

