



Fundamentos del concreto



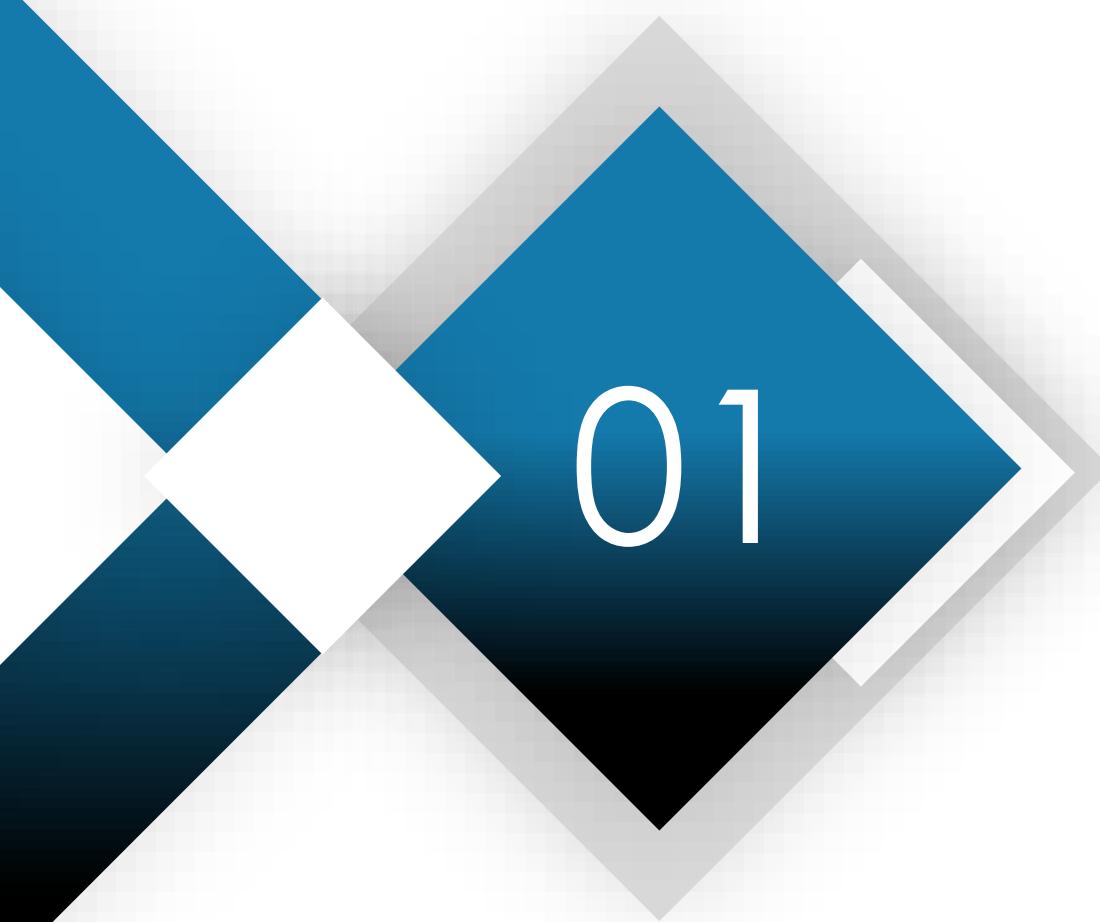
01 ¿Qué es el concreto?

02 Concreto recién mezclado

03 Concreto endurecido

04 Durabilidad

Tabla de
contenido



01

A large, semi-transparent blue diamond shape is positioned in the lower-left quadrant of the slide. It has a white outline and a subtle gradient from light to dark blue. The number '01' is centered within it in a large, white, sans-serif font.

¿QUÉ ES el concreto?



¿Qué es el concreto?

Es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, esta compuesta de:

- Cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava, creando una masa similar a una roca.





Agregados

Finos

- Pueden ser de arena natural o artificial.
- Partículas de hasta 9.5 mm (3/8 pulg).

Gruesos

- Partículas retenidas en la malla 1.18 mm y pueden llegar hasta 150 mm.
- Agregado grueso comúnmente empleado de 19 mm o 25 mm (3/4 o 1 pulg).



La pasta se compone:



Agua



Materiales cementantes



Aire atrapado o aire incluido

La pasta constituye aproximadamente el 25 % hasta el
40% del volumen total del concreto



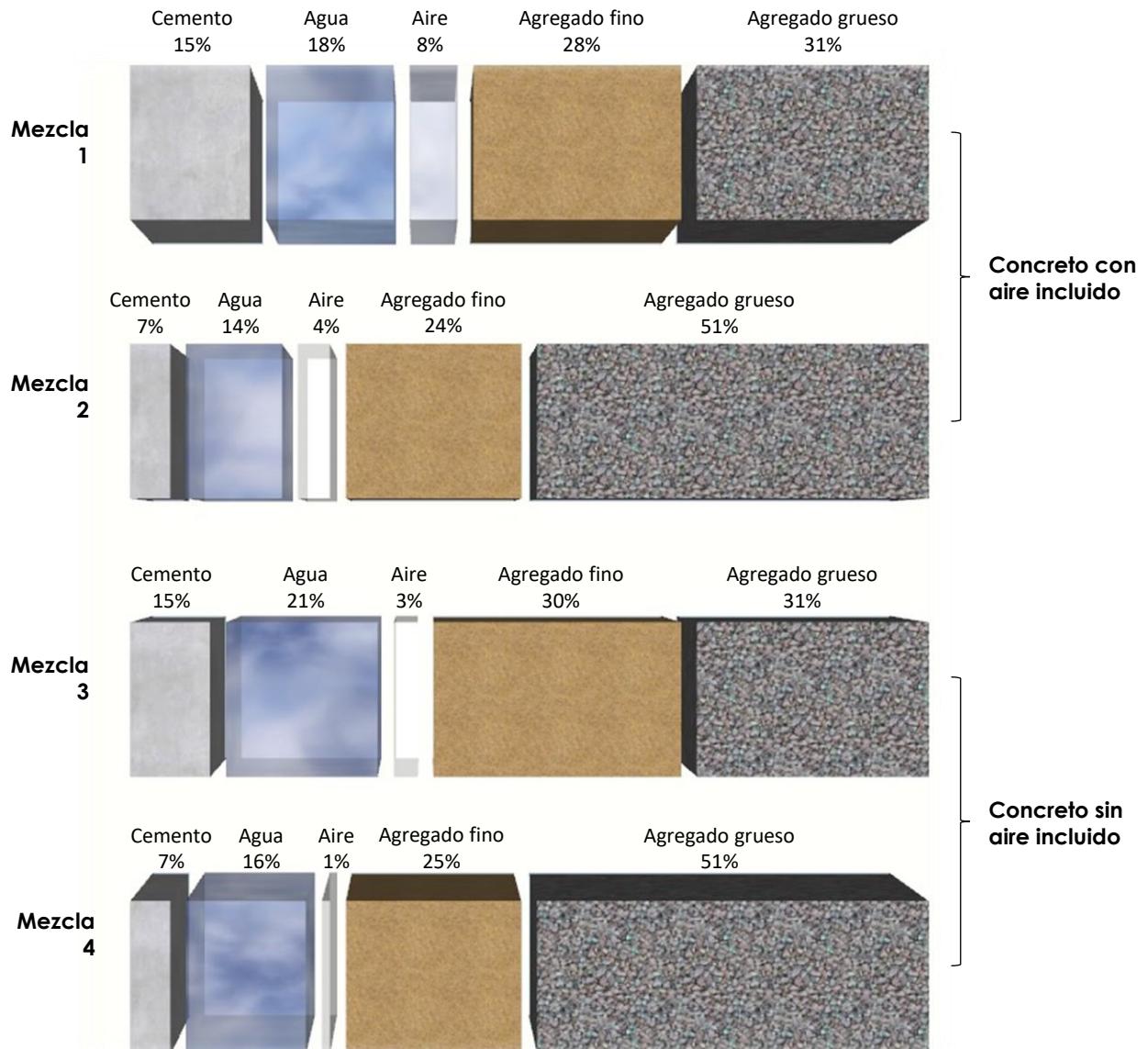
La pasta se compone:

Volumen absoluto de cemento: 7-15%

Volumen de agua: 14-21%

Contenido de aire atrapado: 4-8%

Agregados: 60-75%





Selección de los agregados

Deben componerse de partículas con resistencia mecánica adecuada y con resistencia a las condiciones de exposición.

No deben contener materiales que puedan causar deterioro del concreto.





Calidad de concreto depende de:

Calidad de la
pasta

Calidad del
agregado

Unión entre la
pasta y el
agregado





Ventajas de la disminución de agua

- Aumento de la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Disminución de la permeabilidad, disminución de la absorción y aumento de la estanquidad.
- Aumento de la resistencia a la intemperie.
- Mejor unión entre concreto y armadura.
- Reducción de la contracción y de la fisuración.
- Menores cambios de volumen causado por el humedecimiento y el secado.

Calidad de concreto endurecido es influenciada por:

- Cantidad de agua.
- Cantidad de cemento.

Grandes cantidades de agua, diluyen la pasta de cemento

Menos agua

- Mejor calidad del concreto, si la mezcla se consolida adecuadamente.
- Resultan mezclas más rígidas; pero con vibración, aún las mezclas más rígidas pueden ser fácilmente colocadas.
- La consolidación por vibración permite una mejoría de la calidad del concreto.



El concreto

Después de terminar el proporcionamiento, dosificación, colocación, consolidación, acabamiento y curado adecuados, el concreto se endurece, se transforma en un material no-combustible, durable, resistente a la abrasión e impermeable lo cual requiere poca o ninguna conservación .

Es un excelente material de construcción, se puede moldear en una gran variedad de formas, colores y texturas.



02

Concreto

Recién mezclado



Recién mezclado

- Es plástico o semifluido
- Capaz de ser moldeado a mano
- Granos de arena y partículas de grava o piedra son envueltos y sostenidos en suspensión
- Durante la colocación, el concreto de consistencia plástica no se desmorona.

En la práctica de la construcción

- Las piezas o elementos muy delgados de concreto y fuertemente armados, requieren mezclas trabajables para facilitar su colocación.
- Una mezcla plástica es apropiada para la mayoría de las obras en concreto, por lo que se pueden usar aditivos plastificantes para que el concreto fluya más fácilmente en elementos delgados y fuertemente reforzados.



Mezclado



La secuencia de carga de los ingredientes de la mezcladora desempeña un papel importante.

Secuencia de carga



La secuencia puede variar y aún producir un concreto de buena calidad.

Variabilidad



Las diferentes secuencias requieren ajustes en:

- La adición de agua
- Número total de revoluciones del tambor
- Velocidad de revolución

Ajustes



Trabajabilidad

Es la facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco y el grado que resiste a la segregación.

El **grado de trabajabilidad** se requiere para una buena colocación del concreto y se controla por los métodos:

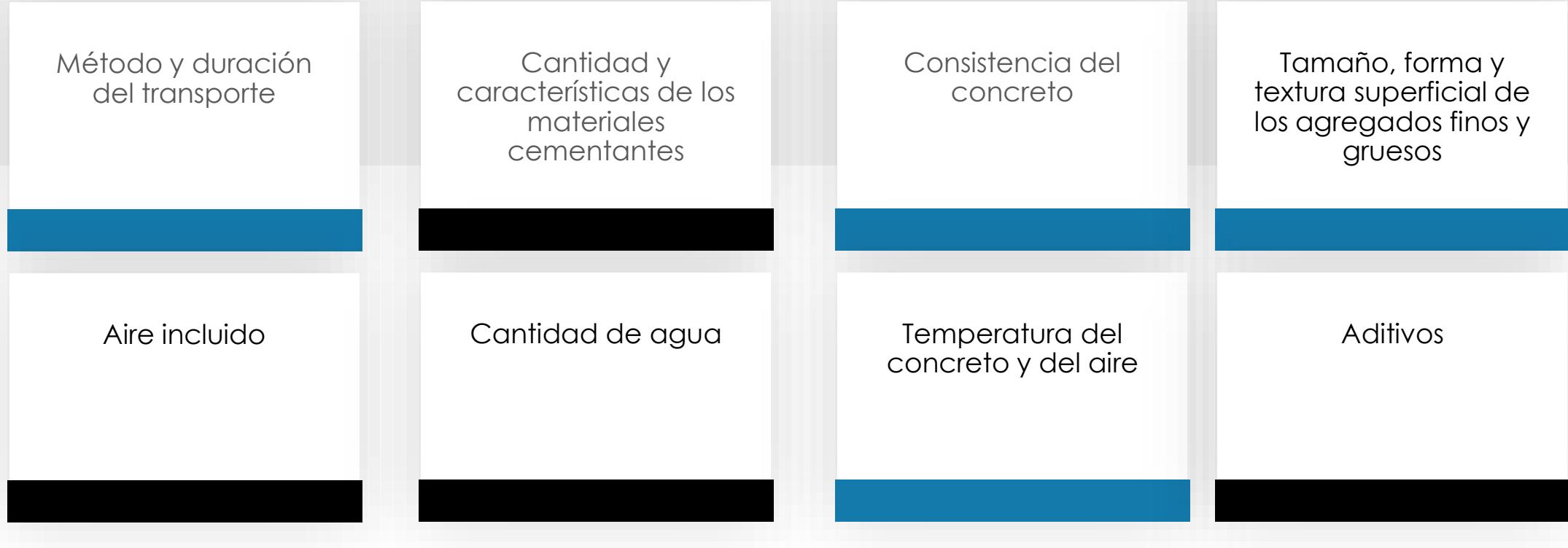
De colocación

Tipo de consolidación

Tipo de concreto



Los diferentes tipos de colocación requieren diferentes niveles de trabajabilidad

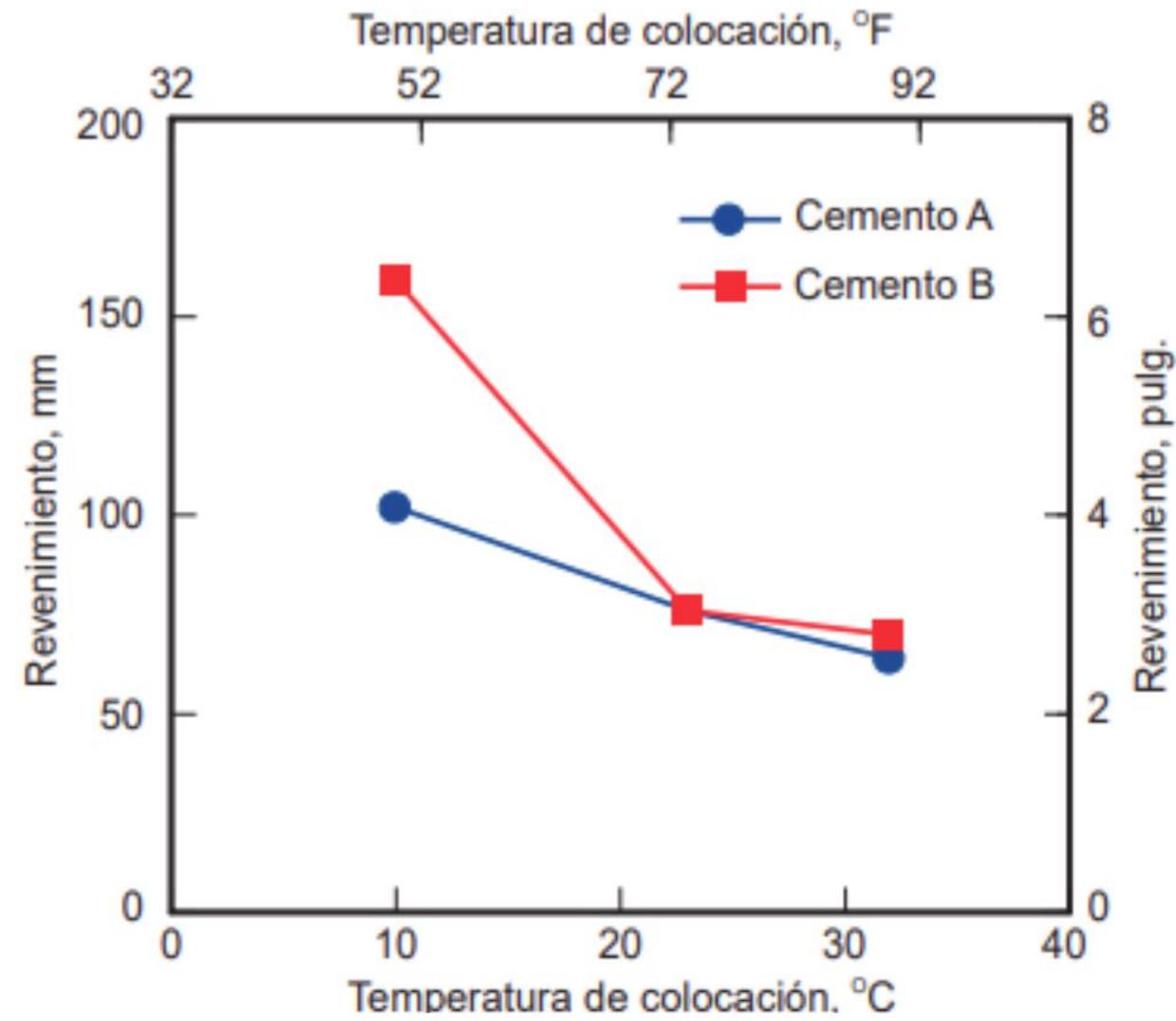




Trabajabilidad

La **distribución uniforme de las partículas** de agregado y la presencia de aire incorporado ayudan considerablemente en el control de la segregación y en la **mejoría de la trabajabilidad**.

Efecto de la temperatura de colocación en el revenimiento de dos concretos confeccionados con diferentes cementos





Trabajabilidad

El **revenimiento** se usa como medida de la consistencia y de la humedad del concreto.

Un concreto de **bajo revenimiento** tiene una consistencia rígida o seca, por lo que la colocación y compactación del concreto serán difíciles y las partículas más grandes de agregados pueden separarse de la mezcla.

Si la mezcla es muy húmeda, pueden ocurrir segregación y formación de huecos.

La consistencia debe ser lo más seca posible para que aún se permita la colocación empleándose los equipos de consolidación disponibles.





Sangrado y Asentamiento

Sangrado (exudación): Desarrollo de una lámina de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado.

Es **causada** por la sedimentación (asentamiento) de las partículas y simultáneamente la subida del agua hacia la superficie.





Sangrado y Asentamiento

Sangrado

El sangrado es normal y no disminuye la calidad del concreto, adecuadamente colado, acabado y curado.

Poco sangrado

Es útil en el control de la fisuración por contracción (retracción) plástica.

Excesivo sangrado

Aumenta la relación agua-cemento cerca de la superficie, lo que puede provocar una capa superficial débil con poca durabilidad



Sangrado y Asentamiento

La **tasa de sangrado** y la capacidad de sangrado aumentan con:

La cantidad inicial de agua.

La altura del elemento de concreto La presión.

El concreto usado para llenar vacíos, proporcionar soporte o proporcionar impermeabilidad con una buena adhesión debe presentar bajo sangrado para evitar formación de bolsas de agua



Consolidación

- La consolidación mejora la calidad y la economía
- La mala consolidación puede resultar en un concreto poroso y débil con poca durabilidad

01

Vibración

La vibración mueve las partículas del concreto recién mezclado, reduce el rozamiento entre ellas y les da la movilidad de un fluido denso.



02

Acción vibratoria

La acción vibratoria permite el uso de mezclas más rígidas con mayores proporciones de agregado grueso y menores proporciones de agregados finos.

03

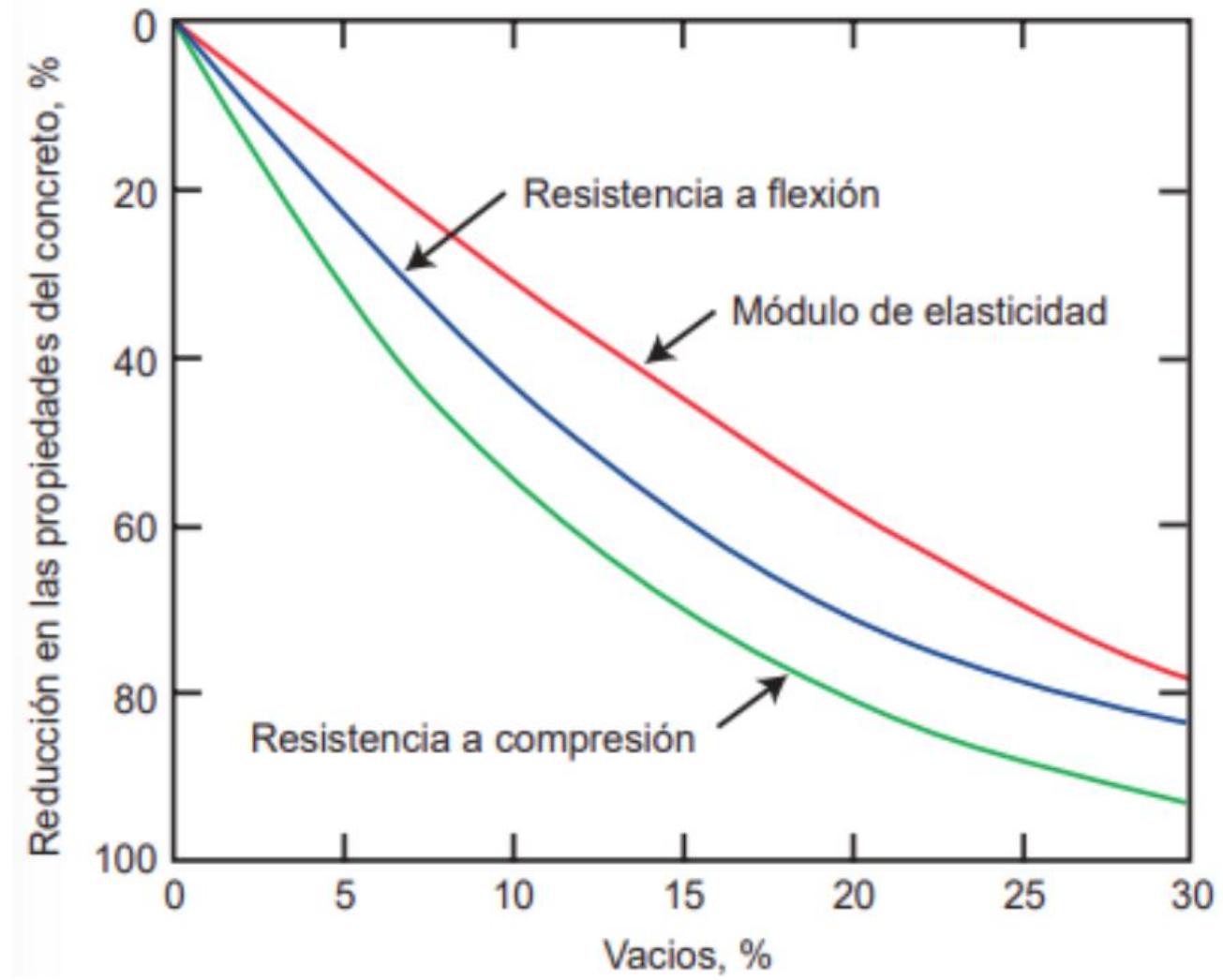
Granulometría óptima

El concreto con la granulometría óptima del agregado es más fácil de consolidarse y colocarse .



Consolidación

Efecto de los vacíos, resultantes de la carencia de consolidación, sobre el módulo de elasticidad, resistencia a compresión y resistencia a flexión del concreto.





Cemento portland: Mezcla de muchos compuestos

Compuestos que totalizan el 90% o más del peso del cemento portland: Silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferrialuminato tetracálcico.

El promedio del **diámetro** de las partículas de un cemento típico es aproximadamente 15 micrómetros

Las partículas en **un kilogramo** de cemento portland tienen un área superficial de aproximadamente **400 m²**.



Los **silicatos de calcio** constituyen el 75% del peso del cemento portland.

Estos silicatos reaccionan con el agua para formar dos compuestos: **hidróxido de calcio** y **silicato de calcio hidrato**

Propiedades de ingeniería del concreto

- Fraguado y endurecimiento
- Resistencia
- Estabilidad dimensional

Silicato de calcio hidratado

El silicato de calcio hidratado es el más importante compuesto del concreto, ya que las propiedades de ingeniería del concreto dependen principalmente de este compuesto



Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento

La composición química del silicato de calcio hidratado es un tanto variable, pero contiene cal (CaO) y dióxido de silicio (SiO_2) en una proporción de 3 a 5.

El área superficial del silicato de calcio hidratado es unos 300 m^2 por gramo.

Mientras el concreto se endurece, su volumen bruto





Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento

El concreto endurecido contiene poros llenos de agua y aire, los cuales no tienen resistencia.

La resistencia está en las partes sólidas de la pasta.

Cuento menos porosa es la pasta de cemento, más resistente es el concreto.





Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento

Aproximadamente se necesitan 0.4 gramos de agua por gramo de cemento para la hidratación completa del cemento.

La cantidad de calor liberado por la hidratación del cemento puede ser útil para el planeamiento de la construcción.



En invierno, el calor de hidratación va a ayudar a proteger el concreto contra los daños causados por las temperaturas muy bajas.



El calor es perjudicial, ya que puede producir temperaturas diferenciales indeseables.



Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento

La velocidad de reacción entre el cemento y el agua es importante porque determina el tiempo de fraguado y endurecimiento.

El yeso que se añade, actúa como un regulador del fraguado inicial del cemento portland.

La reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que haya tiempo para transportar y colocar el concreto.

Una vez que el concreto ha sido colocado y acabado, es deseable un endurecimiento rápido.

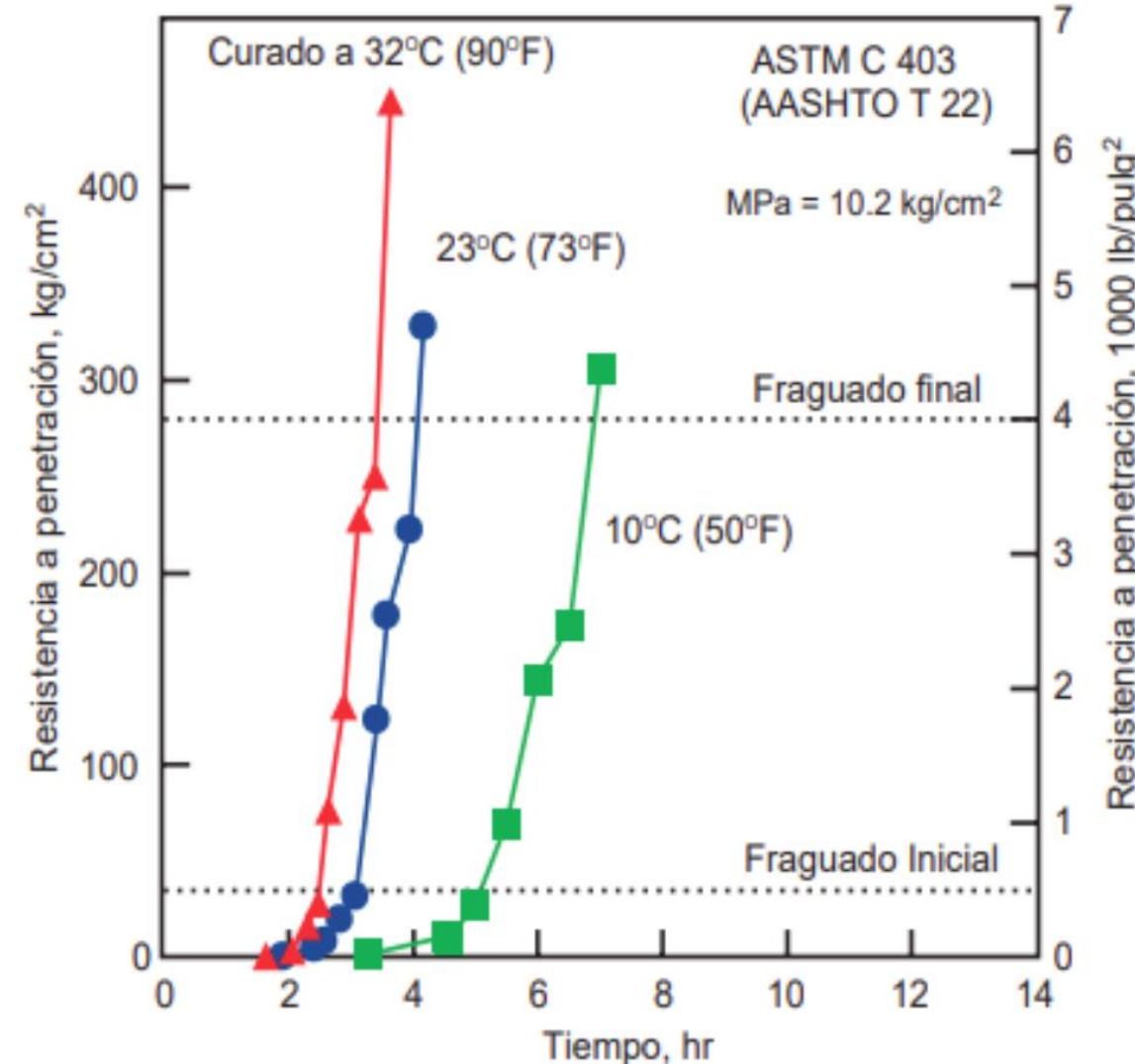


Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento

Factores que influyen en la **velocidad de hidratación**:

- Finura del cemento
- Aditivos
- Cantidad de agua adicionada
- Temperatura de los materiales al momento de mezcla.

Tiempo de inicio y fin de fraguado para una mezcla de concreto en diferentes temperaturas.



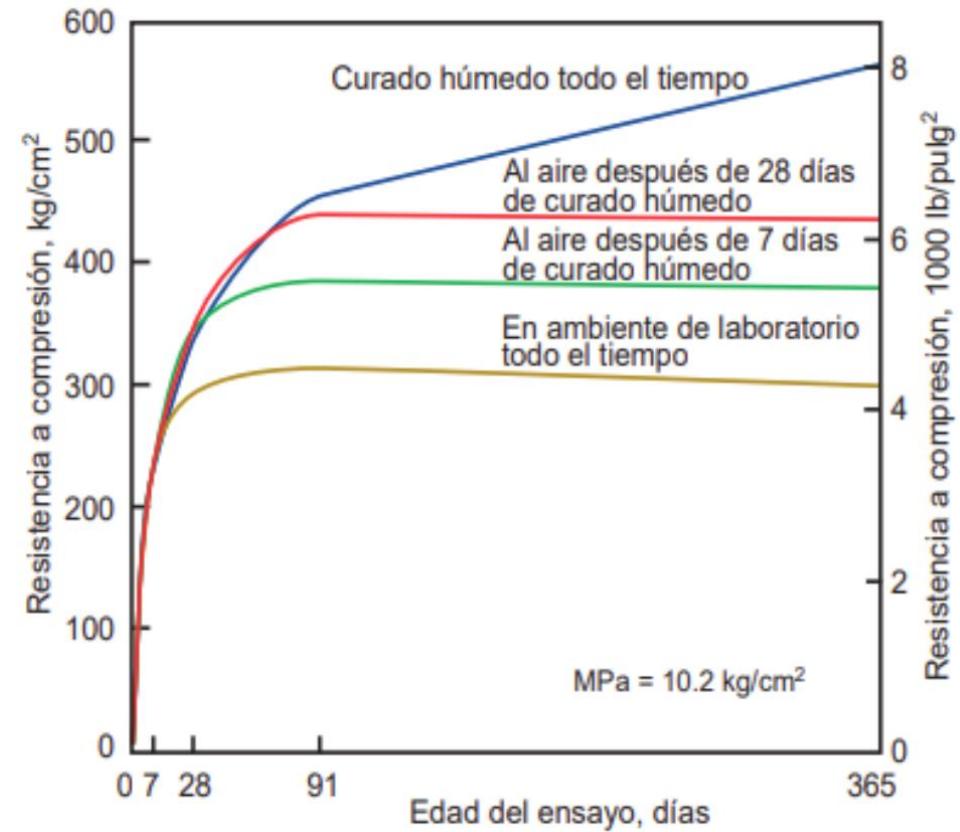


03

Concreto Endurecido



Curado

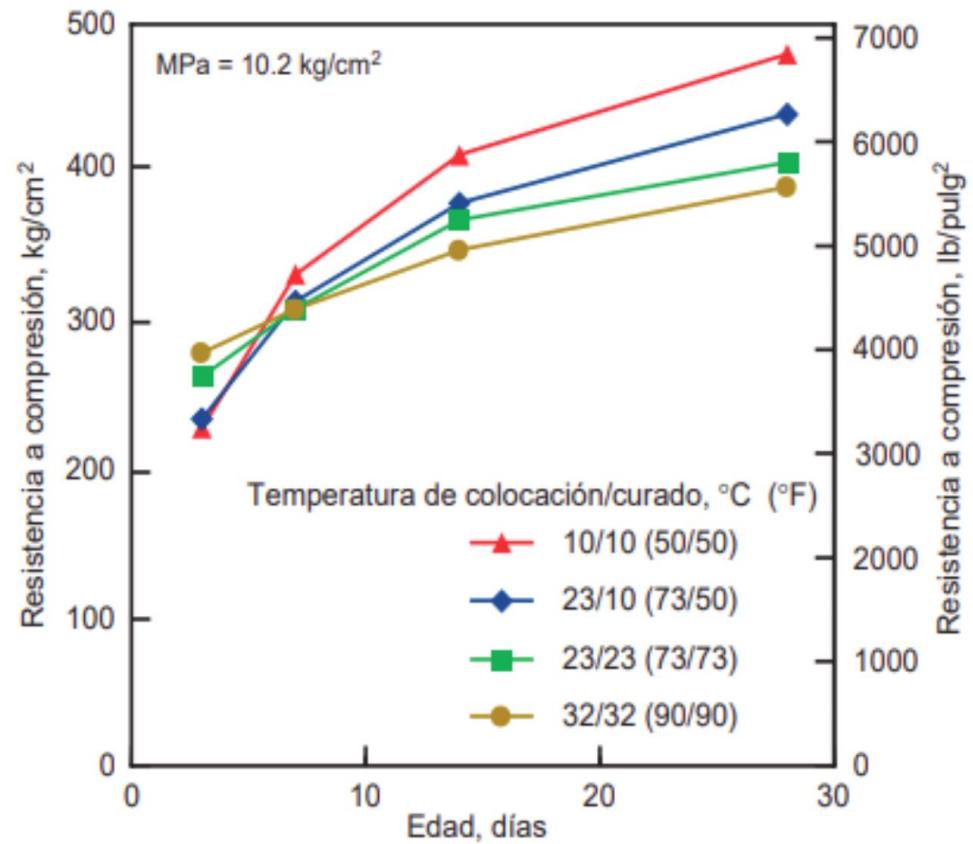


Aumento de la resistencia con la edad continua:

- Desde que el cemento no hidratado aún esté presente.
- El concreto permanezca húmedo o la humedad relativa del aire esté arriba de aproximadamente 80%.
- La temperatura del concreto permanezca favorable.
- Haya suficiente espacio para la formación de los productos de hidratación.



Curado



Cuando la humedad relativa dentro del concreto baja hasta cerca de 80% o la temperatura del concreto baja para menos del cero, la hidratación y la ganancia de resistencia se interrumpen.

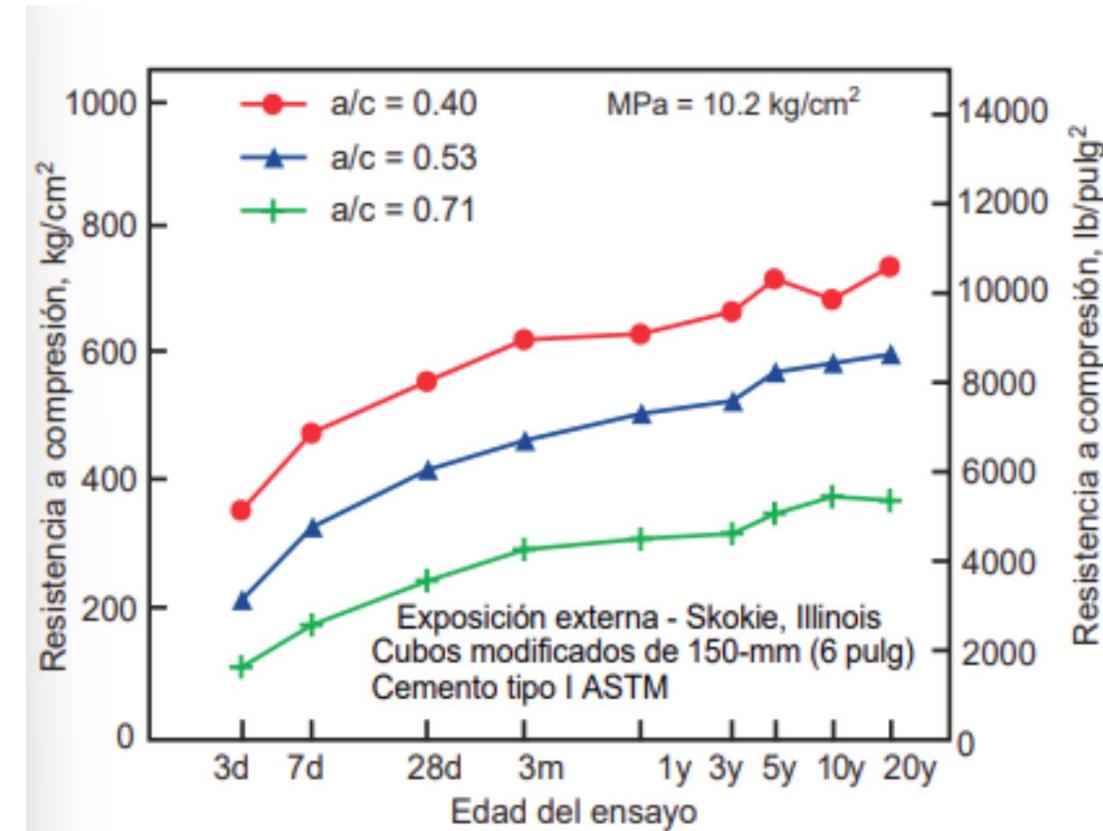


Curado

Es mejor que el curado húmedo sea aplicado continuamente desde el momento de la colocación hasta que el concreto haya alcanzado la calidad deseada.

Desarrollo de la resistencia del concreto a lo largo del tiempo de exposición al aire libre.

Los concretos en ambientes internos normalmente secan completamente después del curado y no continúan desarrollando resistencia.





Velocidad de Secado del Concreto



El concreto no se endurece o se cura con el secado.



El concreto (o más precisamente el cemento en él) necesita de humedad para hidratarse y endurecerse.

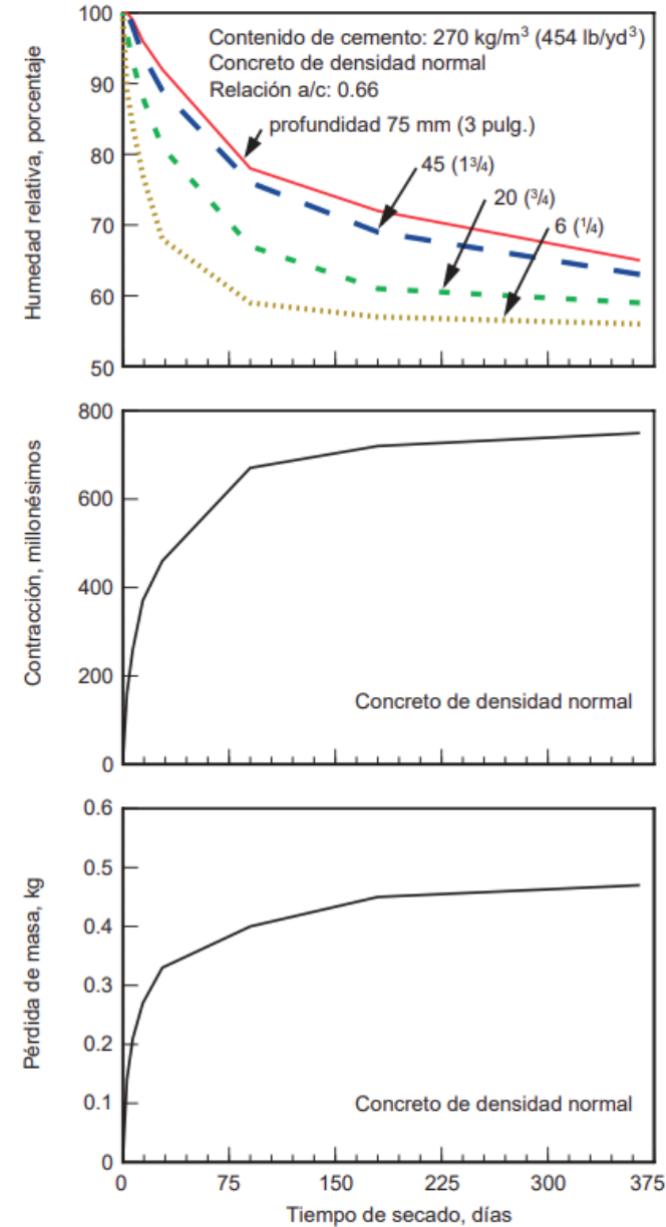


La velocidad de secado es útil para el entendimiento de las propiedades o condiciones físicas del concreto



Velocidad de Secado del Concreto

La contracción (retracción) por secado es la principal causa de fisuración y el ancho de las fisuras es función del grado de desecación, espaciamiento y frecuencia de las fisuras y edad de la aparición de las fisuras.





Velocidad de Secado del Concreto

La cantidad de humedad en el concreto depende de:

- Sus componentes
- La cantidad original de agua
- Las condiciones de secado
- El tamaño del miembro de concreto

El tamaño y la forma de los miembros de concreto desempeñan un papel importante en la velocidad de secado. Los elementos con área superficial grande con relación a su volumen se secan mucho más rápidamente que los miembros con gran volumen de concreto y relativamente pequeñas áreas superficiales.



Velocidad de Secado del Concreto

Otras propiedades del concreto endurecido también son afectadas por la cantidad de humedad como:

- La elasticidad
- La fluencia
- El valor de aislamiento
- Resistencia al fuego
- Resistencia a abrasión
- Conductividad eléctrica
- Resistencia al congelamiento
- Resistencia al descascaramiento
- Resistencia a reactividad álcali-agregado





Resistencia

Resistencia a compresión: Medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm^2), megapascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg^2 o psi) a una edad de 28 días.

Se pueden usar **otras edades para las pruebas**, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y la resistencia en otras edades

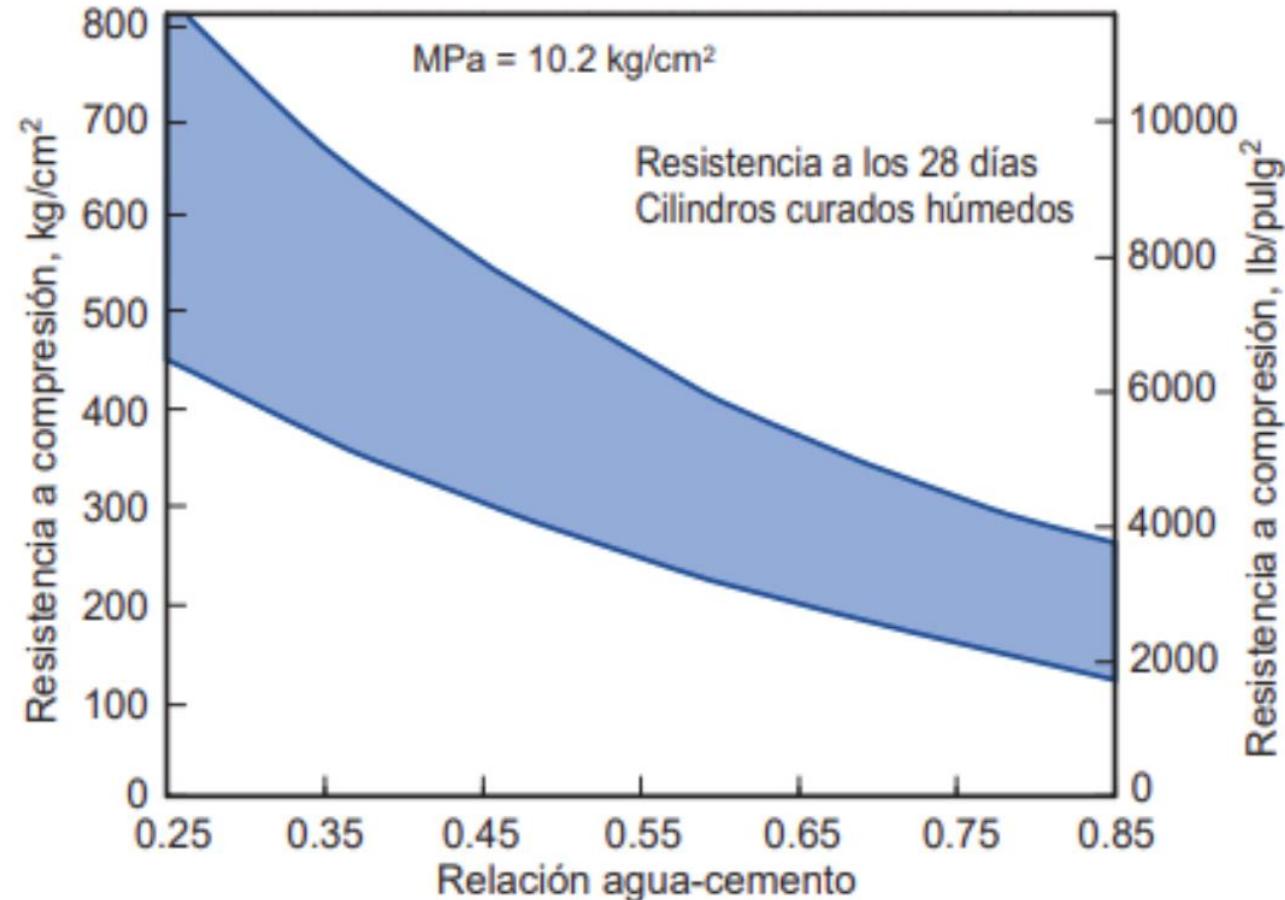
- Resistencia 7 días $\approx 75\%$ de la resistencia a los 28 días
- Resistencia 56 días $\approx 10\% >$ a la resistencia a los 28 días
- Resistencia 90 días $\approx 15\% >$ a la resistencia a los 28 días



Resistencia

La **resistencia a compresión** que el concreto logra, f'_c , es función de la relación agua-cemento (o relación agua-materiales cementantes), de cuanto la hidratación ha progresado, del curado, de las condiciones ambientales y de la edad del concreto.

Resistencias a compresión para una gran variedad de mezclas de concreto y relaciones agua-cemento a los **28 días de edad**.





Resistencia

La determinación de la resistencia a compresión se obtiene a través de ensayos en probetas de concreto o mortero.

Los ensayos en mortero se hacen en cubos de 50 mm (2 pulg.), mientras que los ensayos en concreto se realizan en cilindros de 150 mm (6 pulg.) de diámetro y 300 mm (12 pulg.) de altura.

Cilindros menores 100 x 200 mm (4 x 8 pulg.) también se pueden usar para el concreto.





Resistencia

La resistencia a compresión es una propiedad principalmente física y frecuentemente usada en los cálculos para diseño de puentes, edificios y otras estructuras

01

- Los concretos para uso general tienen una resistencia a compresión entre 200 y 400 kg/cm² o 20 y 40 MPa (3000 y 6000 lb/pulg²).
- Concretos con resistencias a compresión de 700 y 1400 kg/cm² o 70 a 140 MPa (10,000 a 20,000 lb/pulg²)



02

Resistencia a flexión

La resistencia a flexión o el módulo de ruptura se usa en el diseño de pavimentos u otras losas sobre el terreno.

03

La resistencia a flexión de concretos de peso normal: 0.7 a 0.8 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en megapascales 1.99 a 2.65 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en kilogramos por centímetros cuadrados.



Resistencia

La resistencia a la tensión directa del concreto es aproximadamente de 8% a 12% de la resistencia a compresión que es de 0.4 a 0.7 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en MPa o de 1.3 a 2.2 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en kg/cm³.

La resistencia a torsión en el concreto está relacionada con el módulo de ruptura y las dimensiones de los miembros de concreto.

La resistencia a esfuerzos por cortante es del 8% al 14% de la resistencia a compresión.

El módulo de elasticidad, es la razón entre el esfuerzo normal a una deformación correspondiente para el esfuerzo de tensión o compresión abajo del límite de proporcionalidad del material.



Masa Volumétrica (Masa Unitaria, Densidad)

La masa volumétrica del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado (oculado) o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento.

El tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento

Al reducirse la cantidad de pasta, se aumenta la masa volumétrica.

En el diseño del concreto armado, la masa volumétrica de la combinación del concreto con la armadura normalmente se considera 2400 kg/m³ (150 libras/pie³).

Tamaño máximo del agregado, mm	Contenido de aire, porcentaje	Agua, kg/m ³	Cemento, kg/m ³	Masa específica, kg/m ³ **				
				Masa específica relativa del agregado†				
				2.55	2.60	2.65	2.70	2.75
19	6.0	168	336	2194	2227	2259	2291	2323
37.5	4.5	145	291	2259	2291	2339	2371	2403
75	3.5	121	242	2307	2355	2387	2435	2467



Masa Volumétrica (Masa Unitaria, Densidad)



El peso del concreto seco es igual al peso de los ingredientes del concreto fresco menos el peso del agua de mezclado evaporable.



La cantidad del agua de mezclado que se evaporará del concreto expuesto en un medio ambiente con humedad relativa del 50% es cerca del 1/2% al 3% del peso del concreto.



Hay una gran cantidad de concretos especiales para atender a las más variadas necesidades, los cuales varían de concretos aislantes ligeros (livianos) con masa volumétrica de 240 kg/m^3 (15 libras por yarda cúbica) hasta los concretos pesados con masas volumétricas de 6000 kg/m^3 .



Permeabilidad y estanquidad

Estanquidad: Habilidad del concreto en retener el agua sin escurrimiento o escape visible.

Permeabilidad: Cantidad de agua que migra a través del concreto, mientras que el agua está bajo presión o la habilidad del concreto en resistir a la penetración del agua u otra sustancia.

La **permeabilidad** total del concreto al agua es función de:

- La permeabilidad de la pasta
- La permeabilidad y la granulometría del agregado
- La calidad de la pasta y de la zona de transición del agregado
- La proporción relativa de pasta y agregado.



Permeabilidad y estanquidad

La **permeabilidad** de la pasta es particularmente importante debido a que la pasta cubre todos los componentes en el concreto.

La permeabilidad se **afecta** por la relación agua-cemento, el grado de hidratación del cemento y el periodo del curado húmedo.

Concreto de baja permeabilidad: Relación agua-cemento baja y periodo de curado adecuado.

El **aire incluido** ayuda la estanquidad, pero tiene poco efecto sobre la permeabilidad.

La **permeabilidad aumenta** con el secado.



Permeabilidad y estanquidad

Permeabilidad de una pasta de cemento endurecida, continuadamente húmeda, varía de 0.1×10^{-12} hasta 120×10^{-12} cm/s, con relaciones agua cemento que varían de 0.3 hasta 0.7.

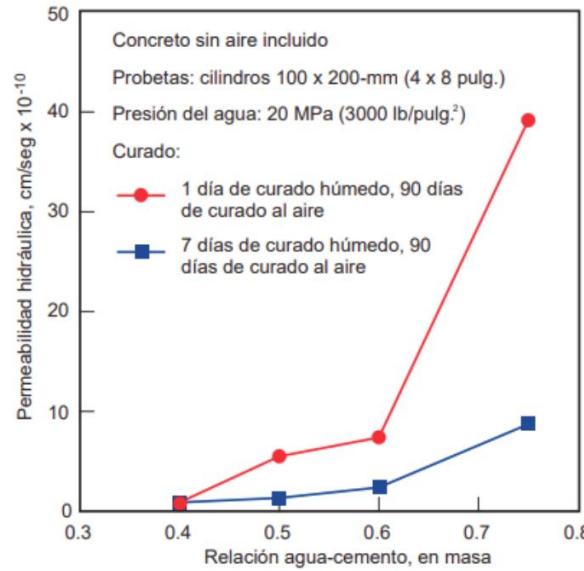
La permeabilidad de la roca usada como agregado para concreto varía de 1.7×10^{-9} hasta 3.5×10^{-13} cm por segundo.

La permeabilidad de un concreto maduro, de buena calidad es de 1×10^{-10} cm/s.

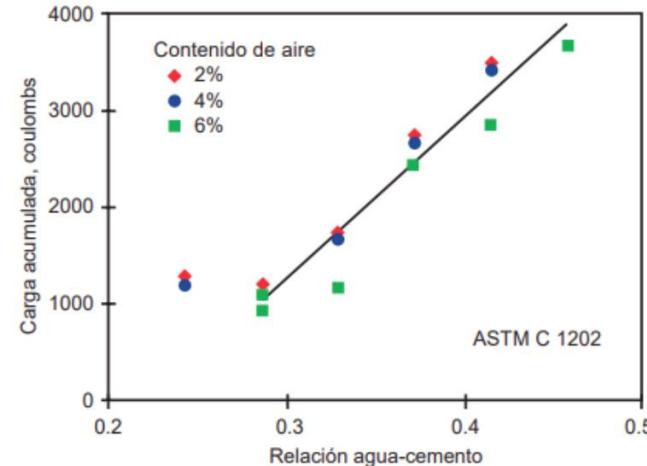




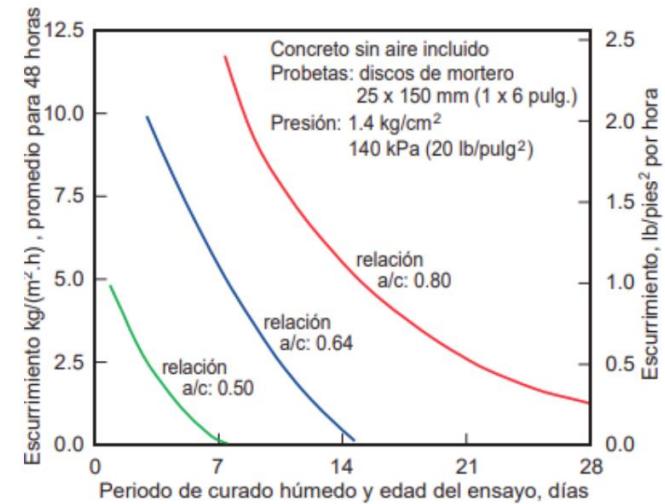
Permeabilidad y estanquidad



Relación entre permeabilidad al agua, relación agua-cemento y curado inicial de la probeta de concreto



Efecto de la relación agua-cemento y duración del curado sobre la permeabilidad del mortero



Carga total, acelerado de permeabilidad a los cloruros en función de la relación agua-cemento



Permeabilidad y estanquidad

Baja relación agua-cemento

Una baja relación agua-cemento también reduce la segregación y el sangrado (exudación), además de contribuir para la estanquidad.

Concreto poroso

El concreto poroso, se diseña para aplicaciones especiales. En estos concretos, la cantidad de agregado fino es muy reducida o eliminada completamente, produciendo un gran volumen de vacíos de aire.



Resistencia a Abrasión

La resistencia a abrasión está fuertemente relacionada con la resistencia a compresión del concreto.

01

Un concreto con mayor resistencia a compresión tiene más resistencia a abrasión que el concreto con menor resistencia a compresión.

02

El tipo de agregado y el acabado de la superficie o el tratamiento usado tienen gran influencia sobre la resistencia a abrasión.



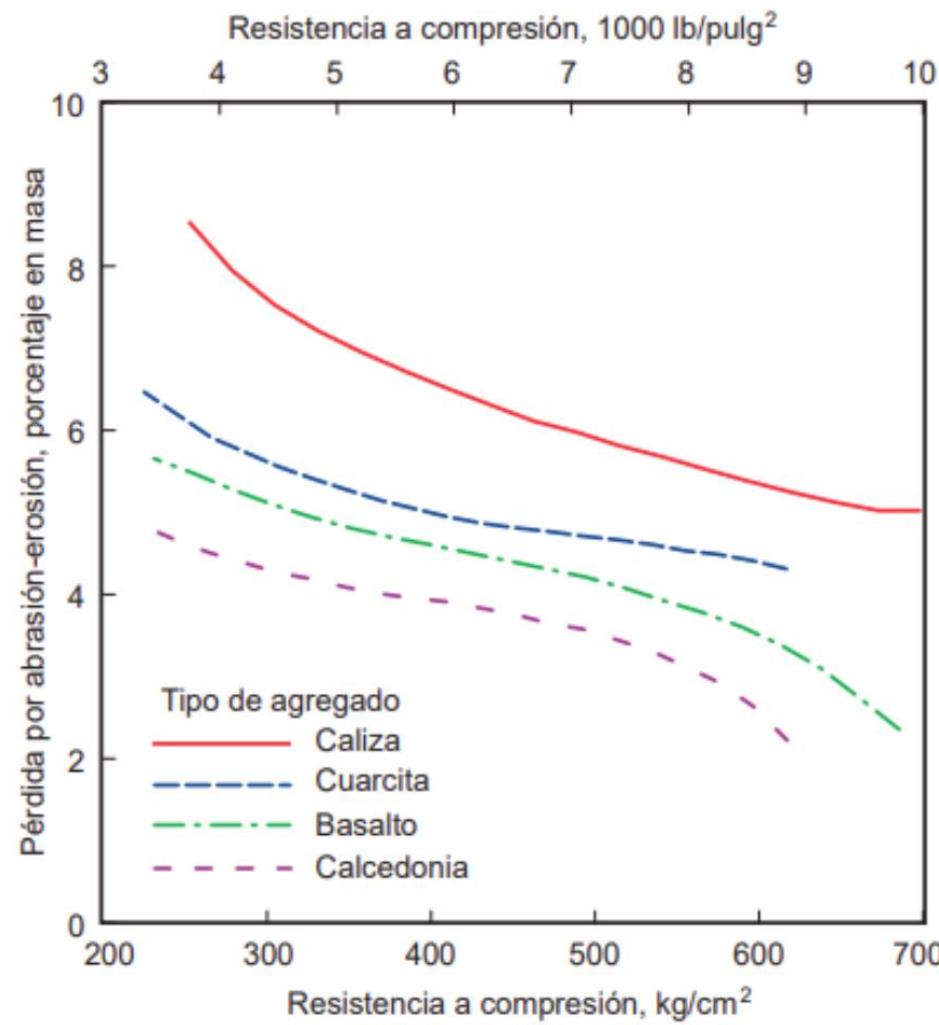
03

Un agregado duro es más resistente a abrasión que un agregado más blando y una superficie acabada con llana de metal resiste mejor al desgaste que una superficie que no ha sido alisada



Resistencia a Abrasión

Efecto de la resistencia a compresión y del tipo de agregado sobre la resistencia a abrasión del concreto.





Estabilidad de Volumen y Control de Fisuración (agrietamiento)

El concreto endurecido cambia de volumen con los cambios de temperatura, humedad y tensiones. El cambio varía del 0.01% al 0.08%.

- Los cambios de volumen por **temperatura** en el concreto endurecido son similares a los de acero.
- El concreto bajo tensión se deforma elásticamente.
- Si se mantiene la **tensión**, va a ocurrir una **deformación** adicional llamada **fluencia**.
- El concreto mantenido continuadamente **húmedo** se expande (dilata) ligeramente. Cuando se permite su secado, el concreto se retrae.



Estabilidad de Volumen y Control de Fisuración (agrietamiento)

La magnitud de la contracción depende de:

- El contenido de agua en el concreto recién mezclado
- La cantidad de agregado usado
- Las propiedades del agregado
- El tamaño y la forma del miembro de concreto
- La humedad relativa y la temperatura del medio ambiente
- El método de curado
- El grado de hidratación
- El tiempo



Estabilidad de Volumen y Control de Fisuración (agrietamiento)

Causas básicas de fisuración en el concreto:

Las **tensiones** por la aplicación de **carga**

Las **tensiones** resultantes de la **contracción** por secado o **cambios de la temperatura** cuando el concreto tiene alguna restricción.

Contracción por secado: Propiedad inherente del concreto y no se puede evitar

Se usa la **armadura** adecuadamente posicionada para reducirse el largo de las grietas

Las **tensiones térmicas** debidas a fluctuaciones de la temperatura del medio ambiente también causan agrietamiento, particularmente a **edades tempranas**.



Estabilidad de Volumen y Control de Fisuración (agrietamiento)

Las **grietas por contracción** en el concreto pueden ocurrir por la restricción.

La **restricción** se puede causar por varios **factores**:

- La **armadura** embebida en el concreto
- Las **partes de la estructura** interconectadas entre sí
- La **fricción** de la subrasante en la cual el concreto es colocado.





Estabilidad de Volumen y Control de Fisuración (agrietamiento)

Las juntas, son el método más eficiente para el control de las fisuras.

- **Juntas de contracción:** Permiten el movimiento en el plano de la losa o del muro. Estas juntas se extienden hasta una profundidad aproximada de 1/4 del espesor del concreto.
- **Juntas de aislamiento:** Separan una parte del concreto de otras partes de la estructura y permiten movimientos horizontales y verticales. Estas juntas se extienden por todo el espesor de la losa y deben incluir relleno premoldeado de junta.
- **Juntas de construcción:** Separan áreas en el concreto coladas en diferentes días, se alinean con las juntas de aislamiento y tienen también esta función.



04

Durabilidad



Durabilidad

Habilidad del concreto en resistir a la acción del ambiente, al ataque químico y a la abrasión, manteniendo sus propiedades de ingeniería





Resistencia al Congelamiento y Deshielo

El **factor de intemperismo** potencialmente más destructivo es la congelación y deshielo.

El deterioro es causado por la **congelación** del agua y su posterior **expansión** en la pasta, agregado o ambos.

Con el empleo de **aire incluido**, el concreto es altamente resistente a este tipo de deterioro.

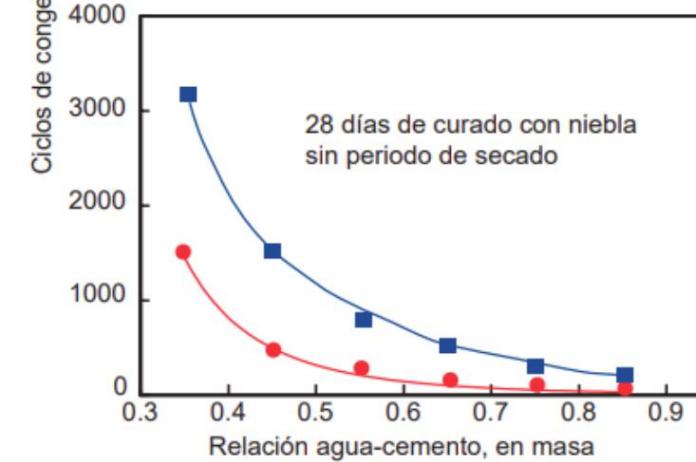
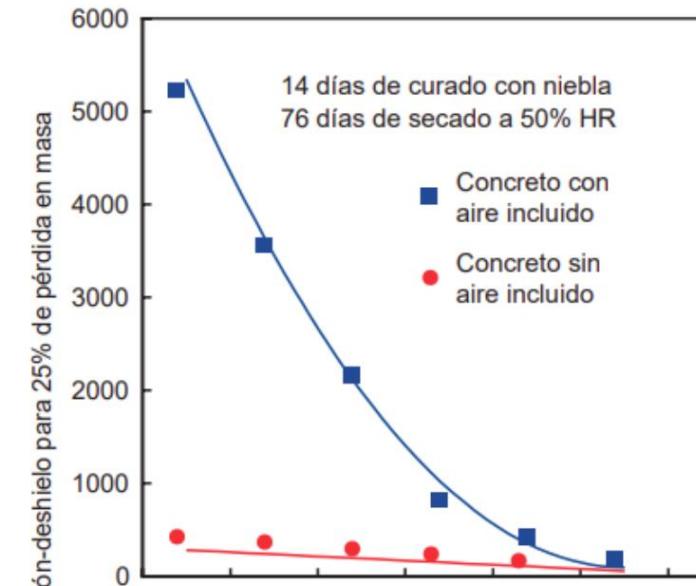


Resistencia al Congelamiento y Deshielo

El concreto con aire incluido es más resistente a los ciclos de congelamiento y deshielo que un concreto sin aire incluido.

El concreto con baja relación agua-cemento es más durable que un concreto con alta relación agua-cemento.

Un periodo de secado antes de la exposición a la congelación y deshielo beneficia la resistencia al congelamiento y deshielo del concreto con aire incluido.





Resistencia al Congelamiento y Deshielo

La durabilidad al congelamiento y deshielo se puede determinar a través de ensayos de laboratorio con:

- ASTM C 666
- AASHTO 161 IRAM 1661
- NCh2185 of 1992
- NMX-C-205-79





Reactividad Álcali-Agregado

El tipo de deterioro que ocurre cuando los constituyentes minerales activos de algunos agregados reaccionan con los hidróxidos de los álcalis en el concreto.

La reactividad es potencialmente peligrosa sólo cuando produce expansión considerable.

La reactividad álcali-agregado ocurre de dos formas:

- La reacción álcali-sílice (RAS) La reacción álcali-carbonato (RAC)
- Es más común la ocurrencia de agregados conteniendo minerales de sílice

Las manifestaciones de la presencia de reactividad álcali-agregado son:

- Red de agrietamiento
- Juntas cerradas o lascadas
- Dislocación de diferentes partes de la estructura



Reactividad Álcali-Agregado

Para el control de la reacción álcali-sílice se usan materiales cementantes suplementarios o cementos adicionados.

Los materiales cementantes suplementarios incluyen:

Cenizas volantes

Escoria granulada de alto horno

Sílice activa

Puzolanas naturales

Los cementos adicionados también contienen estos materiales para el control de la reactividad álcali-sílice.



Reactividad Álcali-Agregado

El uso de materiales cementantes suplementarios o de cementos adicionados no controla la reacción álcali-carbonato.

La ocurrencia de esta reacción es rara y se puede controlar a través del uso de mezcla de agregados, reducción del tamaño máximo del agregado o uso de agentes inhibidores de la reacción.





Carbonatación

Proceso por el cual el dióxido de carbono del aire penetra en el concreto y reacciona con los hidróxidos, como los hidróxidos de calcio para formar carbonatos.

La carbonatación y el secado rápido del concreto fresco pueden afectar la durabilidad de la superficie.

La carbonatación del concreto endurecido no hace daño a la matriz del concreto.

Reduce considerablemente la alcalinidad del concreto, esta es necesaria para la protección de la armadura contra la corrosión.





Carbonatación

La carbonatación se aumenta considerablemente en el concreto con:

- Alta relación agua-cemento
- Bajo contenido de cemento
- Corto periodo de curado
- Baja resistencia
- Pasta altamente permeable (porosa)

Las superficies acabadas tienden a tener menos carbonatación y se observa a una profundidad de 1 hasta 10 mm, en las superficies no acabadas se observa a una profundidad 2 hasta 20 mm.

Resistencia a los Cloruros y Corrosión de la Armadura



El concreto protege a la armadura embebida de la corrosión, debido a su alta alcalinidad.

El ambiente de pH alto (mayor a 12) en el concreto promueve la pasivación y la formación sobre el acero de una película de protección de óxido no corrosivo.

Cuando se alcanza el límite de corrosión por cloruros (aproximadamente 0.15% cloruros solubles en agua por peso de cemento), una célula eléctrica se forma a lo largo del acero y entre las barras de acero y el proceso electroquímico de la corrosión empieza.

Resistencia a los Cloruros y Corrosión de la Armadura



La tasa de corrosión del acero es influenciada por:

- La resistividad eléctrica del concreto
- La humedad
- La tasa de migración del oxígeno del concreto hacia el acero.

La resistencia del concreto a los cloruros es buena, pero se la puede mejorar con una baja relación agua-cemento (0.40), por lo menos siete días de curado y el uso de materiales complementarios

La presencia del cloruro en el concreto sin armadura (refuerzo) normalmente no trae problemas de durabilidad.



Resistencia Química

En el ataque ácido del concreto hay disolución de la pasta de cemento y de los agregados calcáreos.

Además del uso de concreto con baja permeabilidad, los tratamientos de superficie pueden ayudar a evitar que las substancias agresivas entren en contacto con el concreto.



Sulfatos y Cristalización de Sales

Muchos sulfatos presentes en el suelo y en el agua pueden atacar y destruir un concreto que no fue adecuadamente diseñado.

Los sulfatos pueden atacar un concreto, debido a que reaccionan con los compuestos hidratados en la pasta de cemento hidratada. Estas reacciones pueden crear presiones suficientes para general la desintegración del concreto.

El sulfato de calcio ataca el aluminato de calcio hidratado y forma etringita. El sulfato de magnesio ataca, de manera similar, al sulfato de sodio y forma etringita, yeso y también brucita.



Sulfatos y Cristalización de Sales

Algunas sales conocidas por causar deterioro en concreto son el carbonato de sodio y sulfato de sodio.

El mayor daño ocurre con el secado de las soluciones saturadas de estas sales. En concretos permeables, expuestos a condiciones de secado, las soluciones de sales pueden ascender hacia la superficie por la acción de los capilares, posteriormente la fase de solución se vuelve supersaturada y la cristalización de la sal ocurre, algunas veces generando presiones suficientes para causar la fisuración.



Sulfatos y Cristalización de Sales

Si la tasa de migración de la solución de sal a través de los poros es menor que la tasa de evaporación, se forma una zona de secado debajo de la superficie, ocurriendo cristalización en los poros y causando expansión y descascaramiento.

El ataque de sulfatos y la cristalización de sales son más severos donde el concreto está expuesto a ciclos de mojado y secado, que donde el concreto está constantemente mojado. Para que se obtenga la mejor protección contra el ataque externo por los sulfatos se debe:

- Diseñar el concreto con baja relación agua-materiales cementantes (aproximadamente 0.4)
- Usar cementos especialmente formulados para ambientes con sulfatos.



Exposición al agua de mar

Una estructura expuesta al agua del mar o la salpicadura del agua del mar es más vulnerable en la zona de marea o salpicadura, donde hay ciclos repetidos de mojado y secado y/o congelamiento y deshielo.

Los sulfatos y los cloruros presentes en el agua del mar requieren el uso de concretos de baja permeabilidad para minimizar la corrosión de la armadura y el ataque de sulfatos.

La relación agua-material cementante no debe exceder 0.40. En climas más fríos, el concreto debe contener un mínimo del 6% de aire incluido.



Etringita y Expansión Retardada por Calor Inducido

La etringita es una forma de sulfoaluminato de calcio, se encuentra en cualquier parte de cemento.

Bajo condiciones de deterioro extremo o décadas en ambiente húmedo, los cristales de etringita blanca pueden llenar completamente los vacíos y las fisuras. La etringita secundaria, como cristales grandes en forma de agujas, no se debe considerar peligrosa para el concreto.



Expansión Retardada por Calor Inducido (ERCI), se refiere a una condición rara de ataque de sulfatos internos a través de la cual el concreto maduro se expande y se fisura.

Sólo los concretos con composiciones químicas particulares son afectados cuando alcanzan temperaturas altas, después de algunas horas de su colocación.

Las altas temperaturas descomponen cualquier etringita y retiene fuertemente el sulfato y el alumina en el gel de silicato de calcio hidratado de la pasta de cemento, por lo que se impide la formación normal de etringita.



Etringita y Expansión Retardada por Calor Inducido

En la expansión retardada por calor inducido, se observa una separación de la pasta hacia los agregados, como resultado del aumento de volumen de la pasta. Esta separación se caracteriza por el desarrollo de bordes de etringita alrededor de los agregados.

Las cenizas volantes y las escorias pueden ayudar a controlar la expansión retardada por calor inducido, juntamente con el control del desarrollo de la temperatura en edades tempranas.



Gracias

Por su participación