

**Si tuvieramos que RECIBIR H° E°
para nuestra obra...**

Qué deberíamos hacer?



CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGON ELABORADO

**Requisitos, Ensayos y Evaluación
en obra y laboratorio**

Objeto del control de calidad en el hormigón

Verificar si el hormigón empleado para ejecutar la obra reúne las características y propiedades especificadas y si las mismas son obtenidas durante las operaciones de obra (**uniformidad**)

¿ Cómo se realiza el control ?



Toma de muestras

Toma de muestras (IRAM 1541)

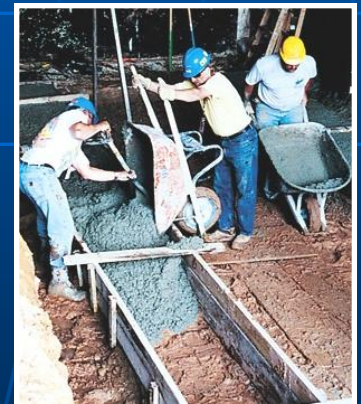
Antes de la descarga (de la hormigonera)

- Se realizará por pasajes repetidos del recipiente (tres o más períodos) a través de la vena de hormigón



Después de la descarga

- Se obtendrá de por lo menos cinco lugares bien distribuidos del pastón, que no presenten segregación



Recipiente: No absorbente, metálico en lo posible

Volumen de la muestra: Por lo menos 30 litros

Posibles Ensayos

ESTADO FRESCO

- **Asentamiento (IRAM 1536)**
- **Contenido de aire (IRAM 1602)**
- **Temperatura del hormigón**



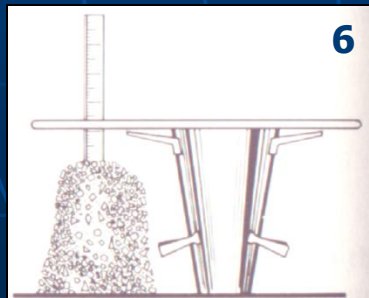
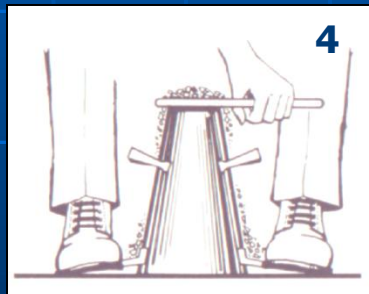
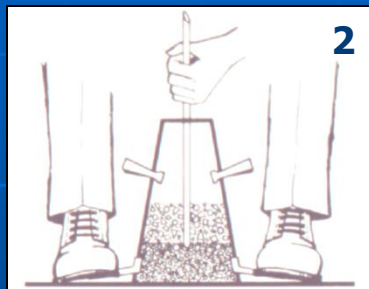
ESTADO ENDURECIDO

- **Resistencia a la compresión**
Moldeo probetas (IRAM 1524)
Ensayo (IRAM 1546)



Asentamiento

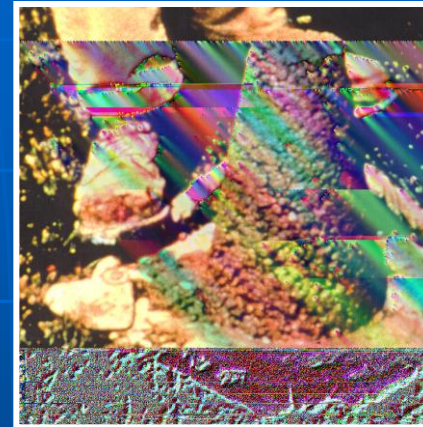
Consistencia mediante ensayo del tronco de cono (IRAM 1536)



Asentamiento

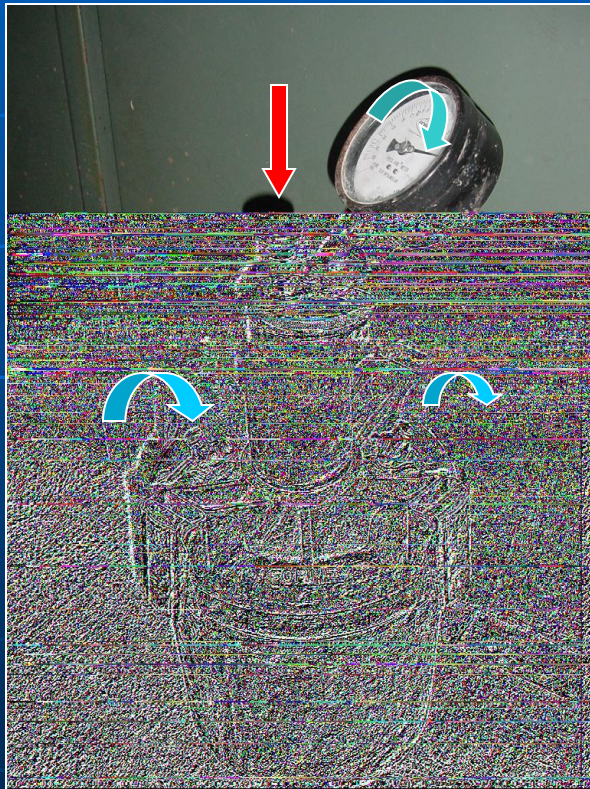
Límites y tolerancias (s/ CIRSOC 201:05)

Asentamiento (IRAM 1536)	Tolerancia
Hasta 7 cm	± 1.5 cm
De 7 a 15 cm	± 2.5 cm
Mayor de 15 cm (no más de 20)	± 3.5 cm



Contenido de aire incorporado

Contenido de aire por el método de las presiones:
Permite determinar el contenido de aire en el hormigón fresco.



Aparato de Washington



Determinación del contenido de aire

Nota: No es aplicable a H^o con agregados livianos

Temperatura del hormigón

Cuándo determinarla?



Se aplicará y determinará al °C más próximo en los siguientes casos:

- Diariamente , al iniciar las operaciones de hormigonado
- Cuando se determina el asentamiento del H^o, o se moldean probetas
- En caso de altas temperaturas (**> 30 °C**) se deberá aplicar los criterios de hormigonado en tiempo caluroso (CIRSOC 201 – art. 11.2)
- En caso de bajas temperaturas (**< 5 °C**) se deberá aplicar los criterios de hormigonado en tiempo frío (CIRSOC 201 – art. 11.1)

Propiedades en estado endurecido

Resistencia a la compresión (IRAM 1546): Evalúa las propiedades mecánicas del hormigón



Probetas cilíndricas de 15 x 30 cm encabezadas



Ensayo de compresión

Ensayos mínimos a realizar

ESTADO FRESCO

Asentamiento (IRAM 1536)



- Diariamente , al iniciar las operaciones de hormigonado y posteriormente con una frecuencia no menor de dos veces por día
- Cuando la observación visual indique que no se cumplen las condiciones establecidas
- Cada vez que se moldeen probetas para realizar ensayos de resistencia
- En caso de hormigones con clase de resistencia H – 21 o con características especiales, los ensayos se realizarán con mayor frecuencia, de acuerdo con lo que disponga el Director de Obra.

Ensayos mínimos a realizar

ESTADO FRESCO

Contenido de aire (IRAM 1602)

Salvo que lo solicite el Director de Obra, el ensayo se realizará cuando el H^o contenga aditivos. En esos casos se aplicará:



- Diariamente , al iniciar las operaciones de hormigonado
- Cuando se determina el asentamiento del H^o, o se moldean probetas
- Si se observan variaciones apreciables de la consistencia o si se produce un aumento considerable de la temperatura

Ensayos mínimos a realizar

ESTADO FRESCO



Temperatura del Hormigón

Se aplicará y determinará al °C más próximo en los cuando:siguientes casos:

- Diariamente , al iniciar las operaciones de hormigonado
- Cuando se determina el asentamiento del H^o, o se moldean probetas
- En caso de altas temperaturas (> 30 °C) se deberá aplicar los criterios de hormigonado en tiempo caluroso (CIRSOC 201 – art. 11.2)
- En caso de bajas temperaturas (< 5 °C) se deberá aplicar los criterios de hormigonado en tiempo frío (CIRSOC 201 – art. 11.1)

Ensayos mínimos a realizar

ESTADO ENDURECIDO

Resistencia potencial a compresión

Resistencia potencial:

La que alcanzará el H^0 en condiciones ideales de compactación y curado, según norma IRAM 1524 (moldeo en obra)

Nota: La resistencia potencial no es sinónimo de n_i de resistencia característica (valor estadístico) ni de resistencia efectiva (curado a pie de obra)

Resistencia potencial a compresión

Catcterísticas

- Probetas cilíndricas de 15 x 30 cm
- Mínimo 3 probetas por muestra
 - Moldeo según IRAM 1524 (Proyecto)
 - Ensayo según IRAM 1546
- Frecuencia de extracción según:
 - Grupo de hormigón (I ó II)
 - Equipo
 - Volumen de hormigón
- Con cada muestra se conforma un resultado de ensayo, promedio de 2 probetas (la restante se ensaya a edad temprana, x ej: 7 días)



Resistencia potencial a compresión

**Frecuencia
de extracción
de muestras**

- Será fijada por el Director de Obra
- En los casos más comunes se podrá realizar de acuerdo con lo indicado por el CIRSOC 201

**En obra
(Director
de Obra)**

**Elaboración
del
Hormigón**

**En planta
hormigonera
(IRAM 1666)**

Frecuencia de extracción de muestras

Hormigón preparado en obra

Estructura y clase de hormigón	1	2
	De un pastón elegido al azar extraer una muestra de hormigón por cada	
	Número de metros cúbicos	Número de pastones
Hormigón simple o armado Hormigones del grupo H – I	100 m ³ o fracción menor	200 pastones o fracción menor
Hormigón masivo Hormigones del grupo H – I	200 m ³ o fracción menor	400 pastones o fracción menor
Hormigón simple, armado o pretensado Hormigones del grupo H – II o de caract. especiales	75 m ³ o fracción menor	150 pastones o fracción menor

Nota: De las columnas 1 y 2 se adoptará el menor volumen de hormigón

Frecuencia de extracción de muestras

Hormigón Elaborado (IRAM 1666)



Número de pastones	Número de muestras a extraer
4 ó menos	2
5 a 8	3
9 a 14	4
Por cada 8 pastones adicionales o menos	1

Número de muestras a extraer

Otras consideraciones

- En estructuras de edificios de varios pisos, se extraerá por lo menos tres muestras por piso (se considera al conjunto de elementos de fundación como un piso)
- En estructuras cuya construcción requiera 60 m^3 o menos, el D. de O. podrá prescindir de la obtención de muestras, si dispones de resultados previos suficientemente representativos del hormigón
- Se podrá aplicar la frecuencia de muestreo de H^0 elaborado para el H^0 preparado en obra (dependerá del D. de O.)
- Comunicar el plan de muestras a extraer con anticipación (24 horas aprox.)

Preparación y curado en obra de probetas para ensayos de compresión

Norma IRAM 1524

Instrumental



Moldes: Cilíndricos, resistentes y estancos. Esbeltez (h/d) igual a 2 ($d = 10, 15^*, 20, 30, 45$ cm) (*) el más utilizado

Varilla de compactación: De acero, cilíndrica, lisas, extremo en forma de semiesfera ($d = 1,0$ ó $1,6$ cm *)

Vibradores: Internos ($f > 7000$ rpm, $d \leq 1/4$ diám. molde)

Externos ($f > 3600$ rpm, $d \leq 1/4$ diám. molde)

Masa: material no metálico (peso = 0.6 ± 0.2 kg)

Preparación y curado en obra de probetas para ensayos de compresión

Norma IRAM 1524

Tamaño de las probetas



Diámetro probeta ≥ 3 TMA (tamaño máximo agregado)

Nota: Para poder utilizar la probeta de 15 cm de diámetro, cuando el hormigón contenga agregado grueso retenido por el tamiz IRAM 45 mm, será previamente tamizado

Moldeo de las probetas

Asentamiento { ≥ 5 cm \Rightarrow compactación con varilla
> 5 cm \Rightarrow compactación por vibración

Preparación y curado en obra de probetas para ensayos de compresión

Norma IRAM 1524

Moldeo



Compactación con varilla (prob. 10 x 20 y 15 x 30 cm):

- Con movimientos verticales, con el extremo en forma de semiesfera, se compacta en 3 capas, con 25 variillados por capa
- No golpear el fondo
- Hacer penetrar la varilla 2 cm (aprox.) en la capa anterior
- Si luego de la compactación se observan huecos (dejaods por la varilla), se golpea a los costados del molde en el nacimiento de la capa con una masa

Preparación y curado en obra de probetas para ensayos de compresión

Proyecto norma IRAM 1524

Moldeo

Compactación por vibración (prob. 15 x 30 cm):

- Se llena y se vibra en 2 capas de igual altura aprox.
- Detener cuando: aspecto liso, se observa brillo en la superficie y prácticamente no desprende burbujas de la superficie

Vibración interna:

- Introducir el elemento vibrante 3 veces en distintos puntos bien distribuidos
- Capa 1: El vibrador no debe tocar el fondo.
- Capa 2: penetrar 2 cm en capa 1
- La extracción se realiza en forma lenta, evitando dejar vacíos

Preparación y curado en obra de probetas para ensayos de compresión

Norma IRAM 1524



Curado inicial

- Luego del llenado (lo más cerca posible de la estructura) **trasladarlo CON CUIDADO** hasta el lugar donde serán depositadas
- Colocar los moldes en **superficie horizontal, rígida, libre de vibraciones**
- Durante las primeras **24 ± 8 horas**, protegerlas de la intemperie a temperatura de **21 ± 6 °C**
- A las **24 ± 8 horas** se desmoldan y se **identifican** sobre la superficie curva preferentemente (fecha, pastón, lugar de extracc. de la muestra)
- **Curado en obra:** Almacenar las probetas en una pileta con una solución saturada de hidróxido de calcio (cal aérea) a **23 ± 2 °C**
- **Curado en laboratorio:** Se acondicionan en forma adecuada (cama de arena, cart'on corrugado) evitando pérdida de humedad y congelam.

Ensayos de compresión

Proyecto norma IRAM 1546



Encabezado



Ensayo

$\sigma'_{bA}, \sigma'_{bB}$

σ'_{bi}
Resultado de ensayo
(2 probetas)

Resistencia característica

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sigma'_{b1} + \sigma'_{b2} + \dots + \sigma'_{bn}}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\sigma'_{bi} - \sigma'_{bm})^2}{n-1}}$$

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - k \times s$$

$k = 1.65$ para $n > 30$

Hormigón endurecido

Resistencia mecánica del hormigón (CIRSOC 201:82)

El hormigón de obra tendrá por lo menos la resistencia característica a compresión establecida (σ'_{bk})

σ'_{bk} : Aquella resistencia por debajo de la cual puede esperarse que se encuentre el 5.0 % del total de resultados disponibles de los ensayos de resistencia

Pero este valor **NO ES NECESARIO CALCULARLO**

Resistencia a la compresión

Condición de aceptación (CIRSOC 201:82)

Para seis o más pastones

ó a) $\sigma'_{bm3} \geq \sigma'_{bk} + \Delta\sigma'_b$

b) $\sigma'_{bi} \geq 0.85 \sigma'_{bk}$

$$\Delta\sigma'_b = \begin{cases} 3 \text{ MPa (H-4)} \\ 4 \text{ MPa (H-8)} \\ 4.5 \text{ MPa (H-13 y 17)} \\ 5 \text{ MPa (H-21 a 47)} \end{cases}$$

Para menos de 6 pastones

ó a) $\sigma'_{bm} \geq \sigma'_{bk} + 2 \text{ MPa}$

b) $\sigma'_{bm} \geq 1.10 \sigma'_{bk}$

σ'_{bm} Deberá satisfacer el menor valor de los dos

Factores que afectan la resistencia a la compresión

VARIACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES

- **Cemento**
- **Agua de mezclado**
- **Agregados**
- **Aditivos**

VARIACION DE LAS CONDICIONES DE ELABORACION

- **Relación a/c**
- **Agregado fino**
- **Relación aglomerante/agregado**
- **Contenido de aditivo**
- **Tiempo de mezclado**
- **Temperatura del hormigón**

ERRORES DE MUESTREO Y ELABORACION

- **Extracción y homogenización de la muestra**
- **Compactación y curado de las probetas**
- **Ensayo**

Factores que afectan la resistencia a la compresión

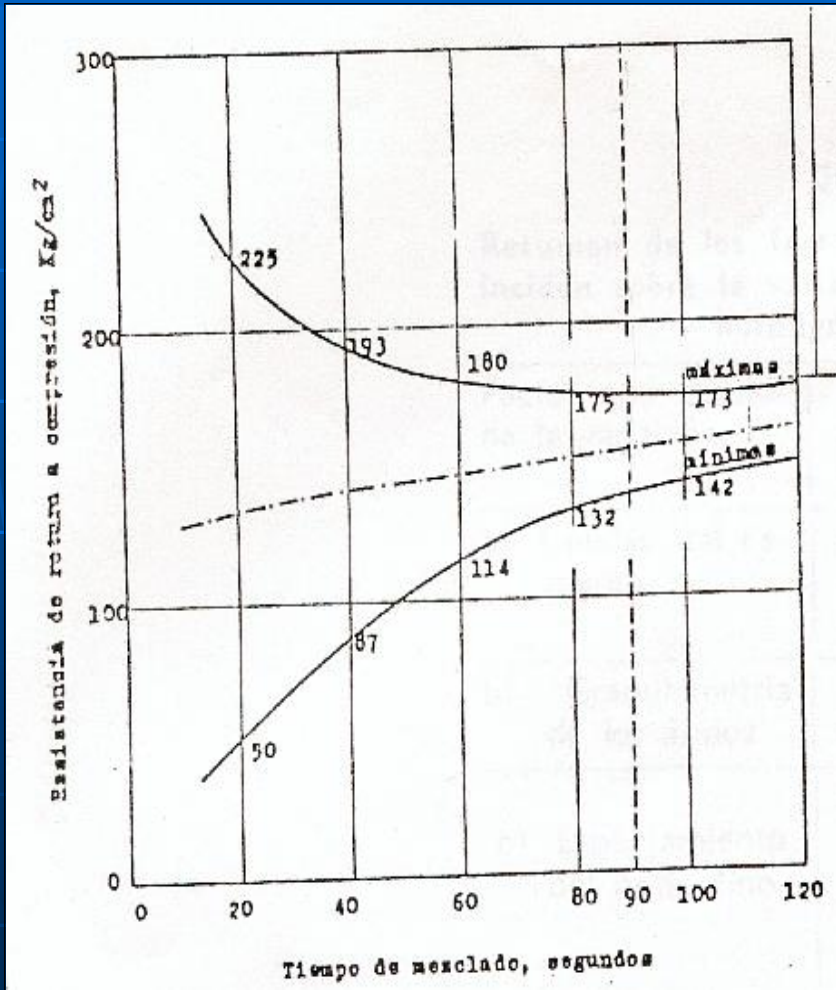
Influencia del tiempo de mezclado

TIEMPO MÍNIMO DE MEZCLADO

- 90 segundos para el primer m³
- 15 segundos por cada 750 litros adicionales

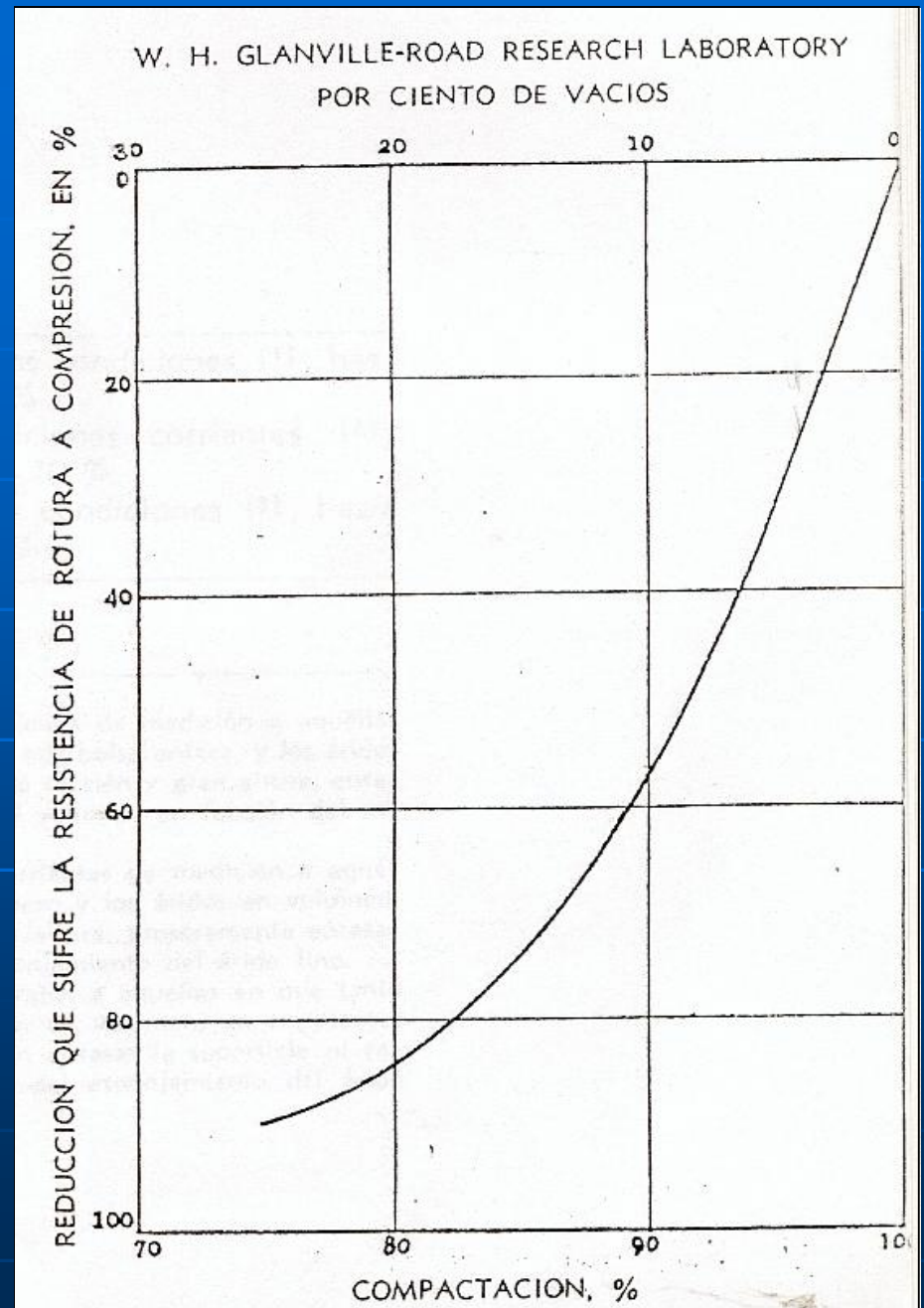
Camión de 8 m³
Mínimo 4 min de mezclado

MEZCLADO ≠ AGITACION



Factores que afectan la resistencia a la compresión

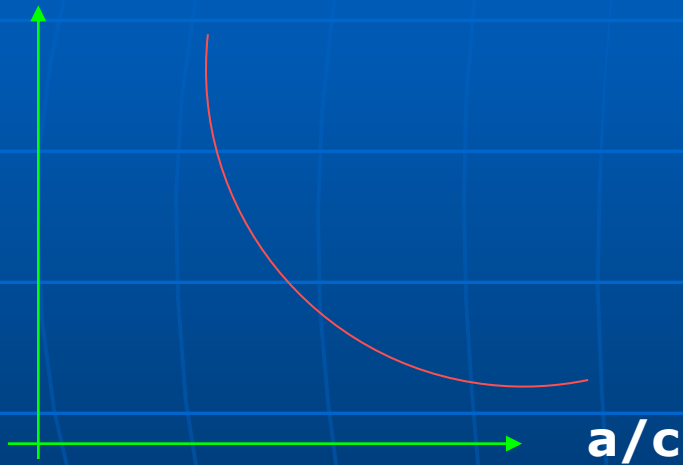
Influencia de la compactación



Factores que afectan la resistencia a la compresión

Influencia de la relación agua / cemento (a/c)

Resistencia



Agua (litros)	Cemento (kg)	a/c	Resist. (kg/cm ²)
153	350	0.44	360
165	350	0.47	315
172	350	0.49	290
185	350	0.53	270

Con 30 lts/m³ transformamos un H 30 en un H 21.



Agua



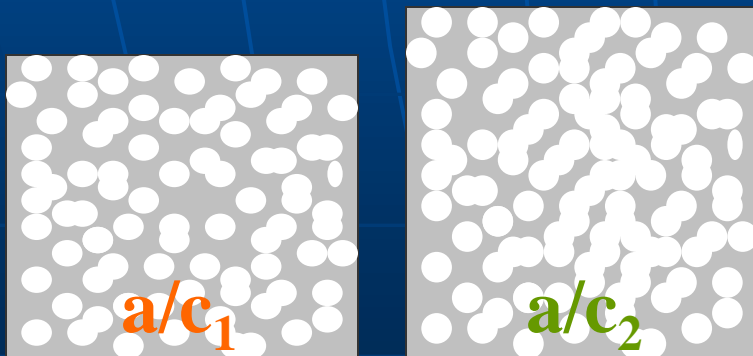
Resistencia

Factores que afectan la resistencia a la compresión

Influencia de la reducción en la relación agua / cemento (a/c)



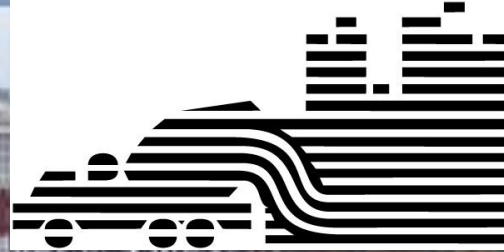
- Aumento de la resistencia
- Baja permeabilidad
- Aumento de la resistencia a la intemperie
- Mejor unión entre el concreto y la armadura (refuerzo)
- Reducción de la contracción (retracción) por secado y de la fisuración
- Menores cambios de volumen causado por el mojado y el secado



$$a/c_1 < a/c_2$$

Preguntas ?





ASOCIACION
ARGENTINA del
HORMIGON
ELABORADO

**Muchas gracias por
su atención !!!!**