

TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN



DISEÑO ESTRUCTURAL III

- HORMIGÓN
- DOSIFICACIÓN
- CONTROL EN FRESCO
- CONTROL Hº ENDURECIDO

CONTROL DE ASENTAMIENTO: EN OBRA CONO DE ABRAMS



CONTROL DE ASENTAMIENTO: EN OBRA
CONO DE ABRAMS

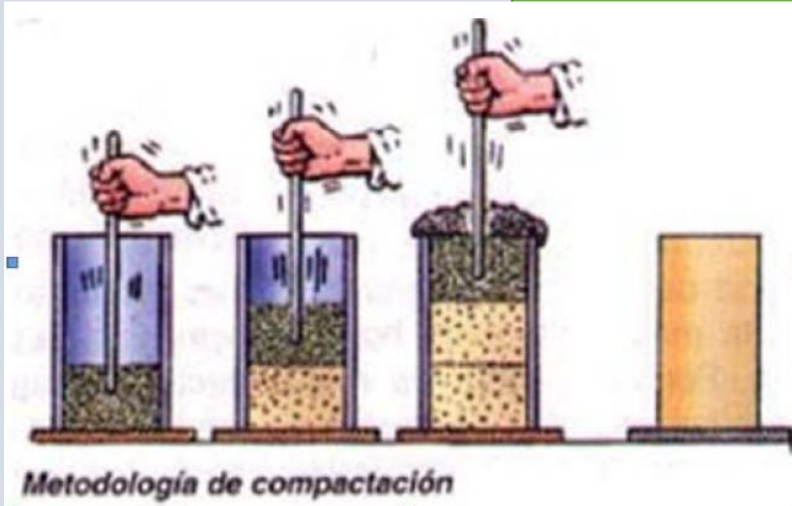


CONO DE ABRAHAM



CONO DE ABRAMS

CONTROL RESISTENCIA: Hº ENDURECIDO



RESISTENCIA CARACTERÍSTICA O ESPECIFICADA

- El hormigón es un material heterogéneo, si sobre el hormigón elaborado que se produce en una planta elaboradora, hacemos ensayos de compresión con probetas cilíndricas normalizadas, se presentarán diferencias entre los resultados, aunque se haya usado la misma dosificación. Cuando mejor tecnología tenga la planta estas diferencias serán menores. Luego se presenta la incógnita, si los resultados de los ensayos que se realizan a un mismo hormigón presentan valores diferentes, cuál de esos valores usamos para el cálculo.
- El valor que usamos para el cálculo se denomina Resistencia Característica del Hormigón. veamos un ejemplo para ver como se determina

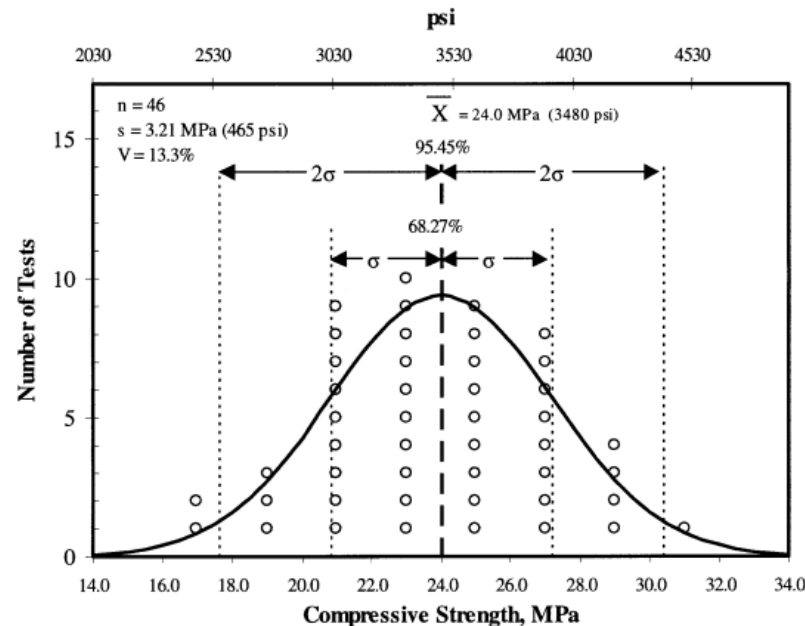


Fig. 3.1—Frequency distribution of strength data and corresponding assumed normal distribution.

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA O ESPECIFICADA

Supongamos que de un determinado hormigón hacemos varios (mas de 20) ensayos de compresión con probeta cilíndrica normalizada, a los 28 días de fraguado , y obtenemos los siguientes resultados.

El 5 % de las probetas ensayadas da una resistencia de 300 Kg/cm²

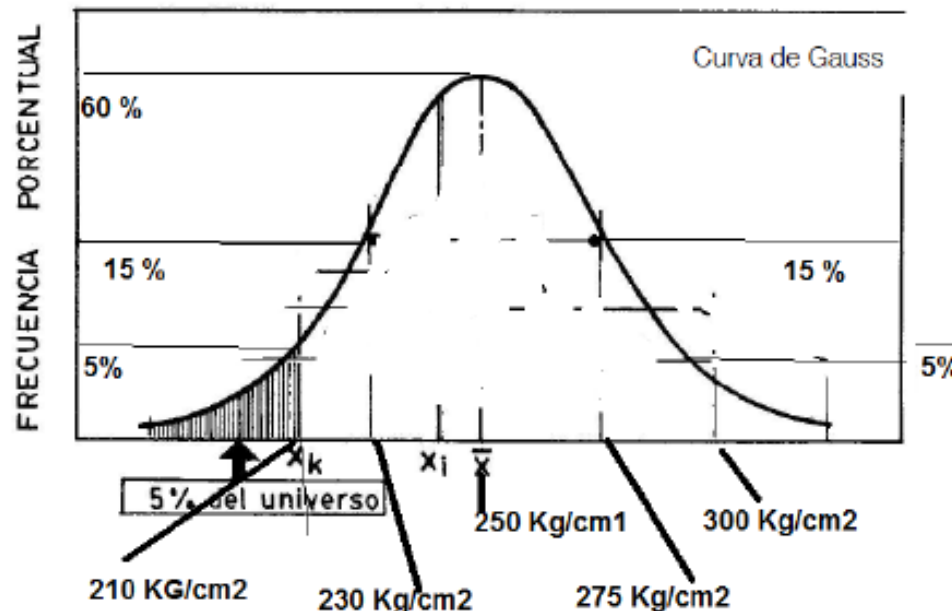
El 15 % de las probetas ensayadas da una resistencia de 275 Kg/cm².

El 60 % de las probetas ensayadas da una resistencia de 250 Kg/cm²

El 15 % de las probetas ensayadas da una resistencia de 230 Kg/cm².

El 5% de las probetas ensayadas da una resistencia de 210 Kg/cm²

Volcamos los resultados en un gráfico



RESISTENCIA CARACTERÍSTICA O ESPECIFICADA

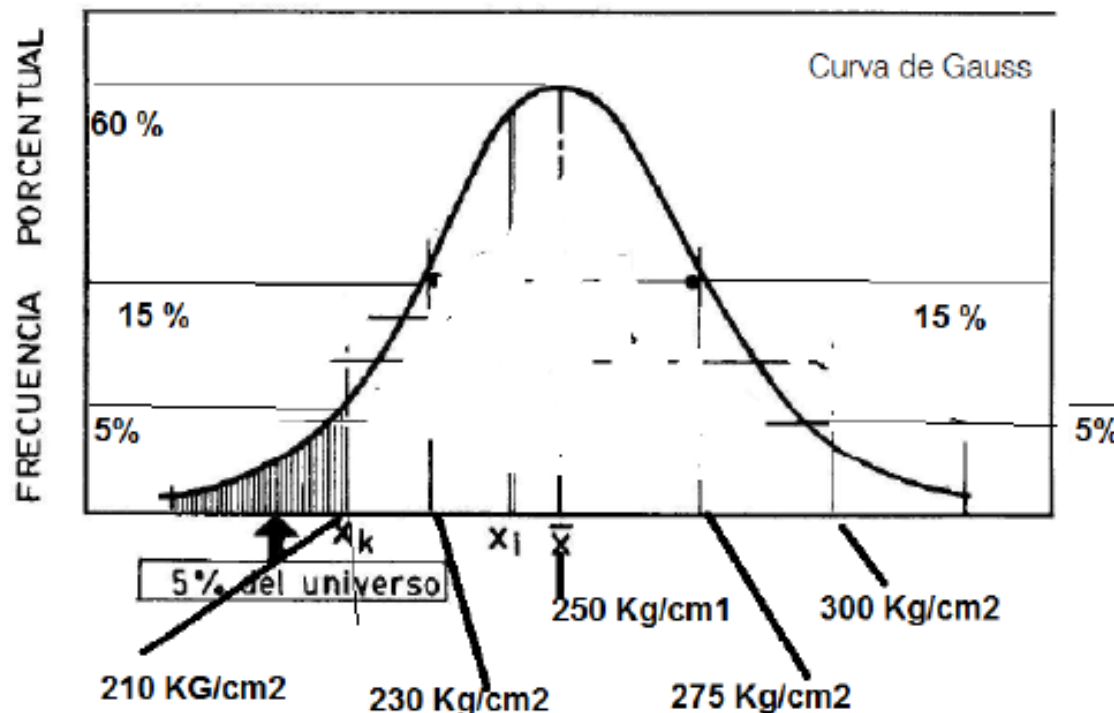
En el gráfico cuando el eje horizontal tiene un valor 300 kg/cm², en el eje vertical marcamos el valor 5 %,

cuando el eje horizontal tiene un valor 275 KG / cm² marcamos el valor 15 %,

cuando el eje horizontal tiene un valor de 250 kg/cm² marcamos el valor 60 %,

Cuando el eje horizontal tiene un valor 230 KG/cm² marcamos el valor 15 % y cuando tiene el eje horizontal un valor de 210 KG/cm² marcamos un valor 5 %.

Uniendo los puntos así obtenidos obtenemos una curva que se denomina Curva de Gauss



RESISTENCIA CARACTERÍSTICA O ESPECIFICADA

1. En qué obra hay mejor calidad de hormigón?
- 2.Cuál es el valor de la Resistencia Característica en cada obra?

RESULTADOS DE ENSAYOS DE PROBETAS DE
HORMIGÓN A COMPRESIÓN (f_c)

PROBETA Nº	OBRA 1	OBRA 2
1	180	140
2	184	160
3	190	180
4	195	200
5	196	210
6	200	230
7	215	240

1. Valor medio
2. Dispersión
3. Valor característico

1. Suma diferencias al cuadrado
2. Dispersión = Raíz ($"1"/n^{\circ}-1$)
3. $F'_c = f_m + n \cdot \text{disp}$

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA O ESPECIFICADA

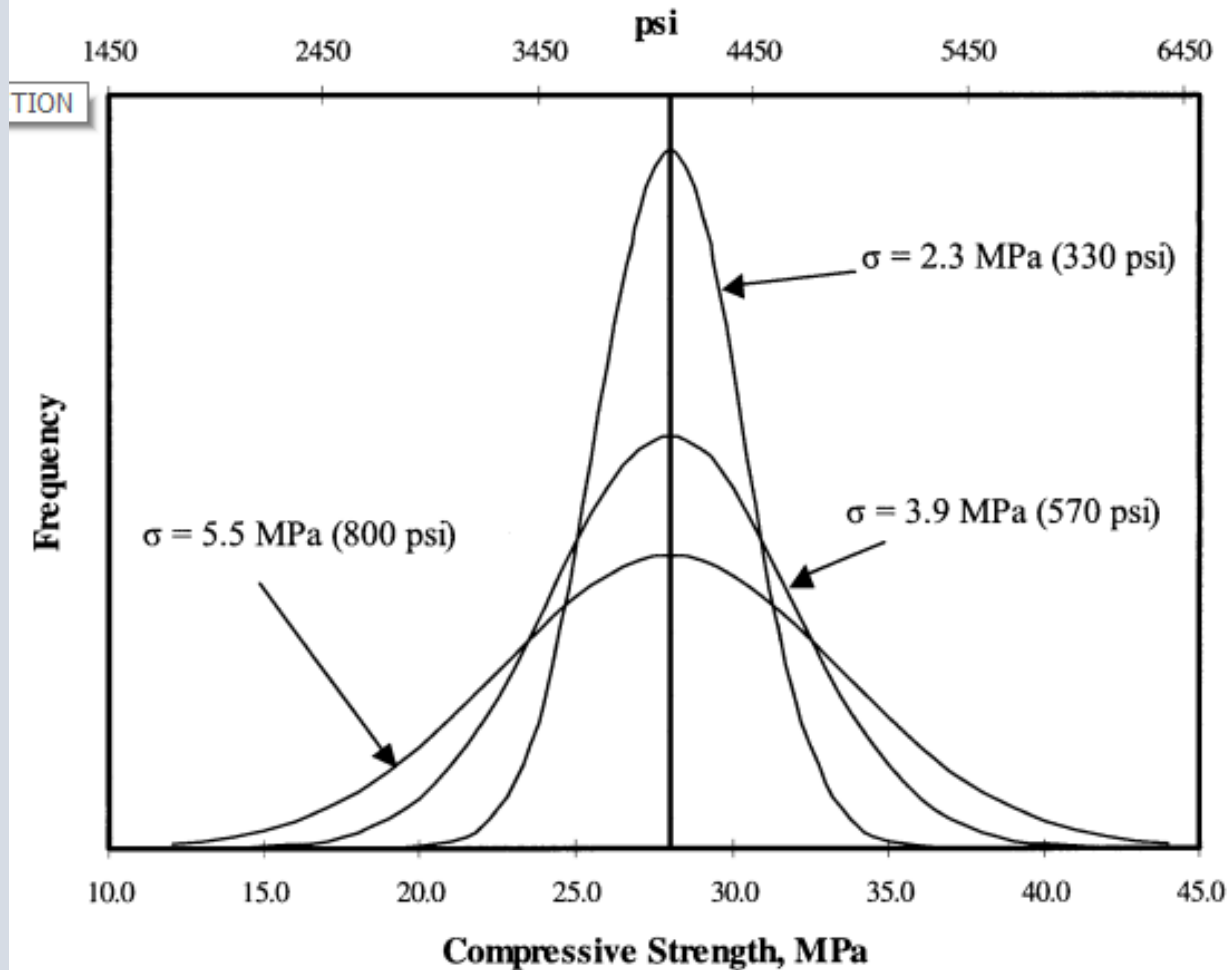
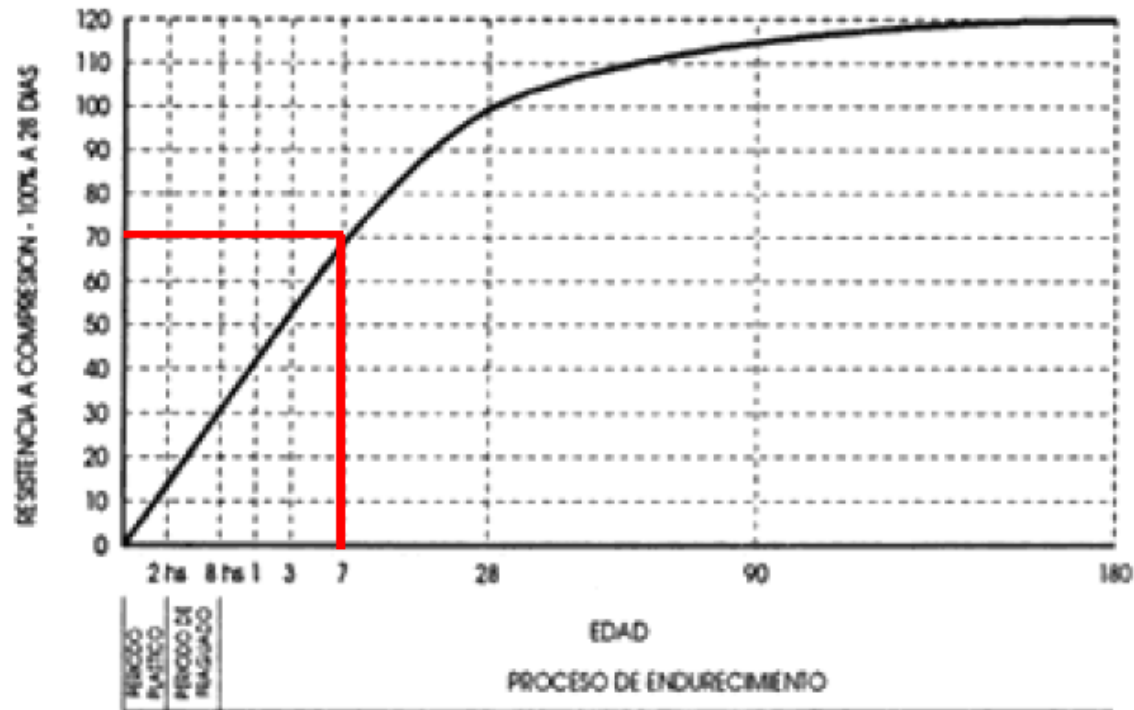


Fig. 3.2—Normal frequency curves for three different distributions with the same mean but different variability.

RECEPCIÓN DEL HORMIGÓN EN OBRA

Evolución de la Resistencia a compresión de un Hormigón Portland normal					
Edad del Hormigón en días	3	7	28	90	360
Resistencia a compresión	0,40	0,65	1,00	1,20	1,35



RECEPCIÓN DEL HORMIGÓN EN OBRA

Modos de control según CIRSOC 201

MODO 1

El hormigón es producido en una planta productora que opera con un sistema de calidad certificado. La planta elaboradora puede estar instalada dentro o fuera del recinto de la obra. El Director de Obra tiene acceso al control de producción de la planta y conoce sus registros.

MODO 2

El hormigón es producido en condiciones que no satisfacen los requisitos establecidos para el Modo 1.

MODO 1

- a) La **resistencia media móvil de todas las series posibles de tres (3) ensayos** consecutivos cualesquiera, es igual o mayor que la resistencia especificada.

$$f'_{cm3} \geq f'_c \quad (4-2)$$

- b) El **resultado de cada uno de los ensayos** es igual o mayor que la resistencia especificada **menos 3,5 MPa**.

$$f'_{ci} \geq f'_c - 3,5 \text{ MPa} \quad (4-3)$$

MODO 2

- a) La **resistencia media móvil de todas las series posibles de tres (3) ensayos** consecutivos, correspondientes al hormigón evaluado, es igual o mayor que la resistencia especificada más **5 MPa**.

$$f'_{cm3} \geq f'_c + 5 \text{ MPa} \quad (4-4)$$

- b) El **resultado de cada uno de los ensayos** será igual o mayor que la resistencia especificada:

$$f'_{ci} \geq f'_c \quad (4-5)$$

DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

1. Definición del Módulo de Finura
2. Definición del Asentamiento
3. Extraemos la demanda de Agua
4. Determinación de la Resistencia (C)
5. Estimación de la relación a/c máxima
6. Cálculo del C.U.C. (contenido unitario de cemento)

C.U.C.=agua necesaria para 1m³

C.U.C.=agua mezclado / (a/c)

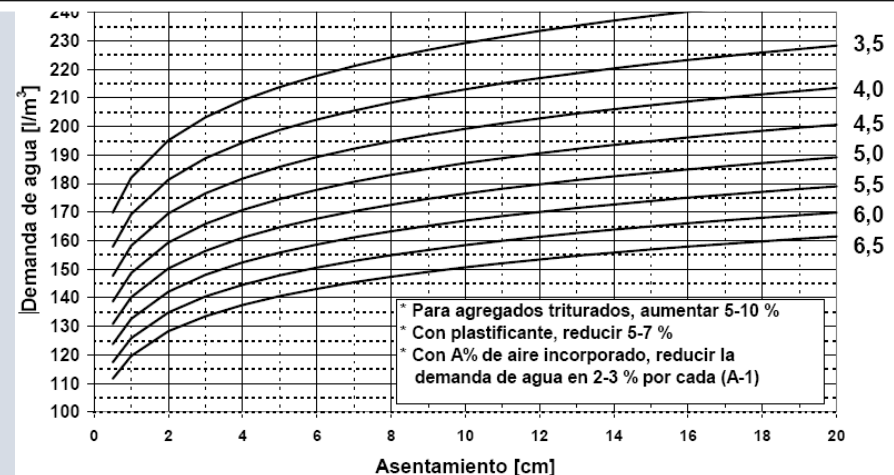
7-Definición de la cantidad de Agregados

Porcentaje elegido de agregados *volumen restante

Volumen restante= 1000 – (CUC+Aire+Agua)

Tabla 5.1. Métodos de ensayo aplicables a cada intervalo de consistencia del hormigón

Consistencia	Intervalo			Ensayo de evaluación aplicable
	Remoldeo (V) (s)	Asentamiento (A) [cm]	Extendido (E) [cm]	
Muy seca	5,0 < V ≤ 30,0	--	--	Tiempo de remoldeo en el dispositivo VeBe. Norma IRAM 1767.
Seca	--	2,0 < A ≤ 5,0	--	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536.
Plástica	--	5,0 < A ≤ 10,0	--	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536.
Muy plástica	--	10,0 < A ≤ 15,0	50 < E ≤ 55	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536. Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1690.
Fluida	--	15,0 < A ≤ 18,0	55 < E ≤ 60	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536. Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1690.
Muy fluida	--	--	60 < E ≤ 65	Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1690.



DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

1. Definición del Módulo de Finura (MF)
2. Definición del Asentamiento
3. Extraemos la demanda de Agua
4. **Determinación de la Resistencia de Diseño de la Mezcla**
5. Estimación de la relación a/c máx
6. Cálculo del C.U.C. (contenido unitario de cemento)

C.U.C.=agua necesaria para 1m³

C.U.C.=agua mezclado / (a/c)

7-Definición de la cantidad de Agregados

Porcentaje elegido de agregados *volumen restante

Volumen restante= 1000 – (CUC+Aire+Agua)

Resistencia de diseño de la mezcla cuando no se conoce la desviación estandar:

RESISTENCIA ESPECIFICADA (f _{ce})	RESISTENCIA DE DISEÑO DE LA MEZCLA (f _{cr})
MPa	MPa
Igual o menor que 20	f'c + 7.0
Entre 20 y 35 inclusive	f'c + 8.5
Mayor que 35	f'c + 10.0

Tabla 2.5. Requisitos de durabilidad a cumplir por los hormigones, en función del tipo de exposición de la estructura

Requisitos	Tipos de exposición de las estructuras, de acuerdo con la clasificación de las Tablas 2.1. y 2.2. y sus complementarias 2.3. y 2.4.									
	A 1	A 2	A 3 y M 1	C L y M 2	M 3	C 1 ⁽²⁾	C 2 ⁽²⁾	Q 1	Q 2	Q 3 ⁽³⁾
a) Razón a/c máxima ⁽¹⁾										
Hormigón simple	---	---	---	0,45	0,45	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón armado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón pretensado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
b) f'c mín (MPa)										
Hormigón simple	---	---	---	30	35	30	35	30	35	40
Hormigón armado	20	25	30	35	40	30	35	30	35	40
Hormigón pretensado	25	30	35	40	45	30	35	35	40	45
Penetración de agua o succión capilar según 2.2.11.	no	si	si	si	si	si	si	si	si	si

(1) Cuando se use cemento pórtland más una o varias adiciones minerales activas incorporadas directamente en planta elaboradora, se podrá reemplazar la razón agua/cemento (a/c), por la razón agua/ material cementicio [a/(c+x)], que tenga en cuenta la suma del cemento portland (c) y la cantidad de la adición mineral (x), cuando se trate de puzolanas según norma IRAM 1668:1968 o de escorias según norma IRAM 1667:1990.

(2) Debe incorporarse intencionalmente aire, en la cantidad requerida en la Tabla 5.3..

(3) Cuando corresponda se debe proteger a la estructura según 2.2.5.2.c3 ó 2.2.10.3.

DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

1. Definición del Módulo de Finura (MF)
2. Definición del Asentamiento
3. Extraemos la demanda de Agua
4. Determinación de la Resistencia de Diseño de la Mezcla
5. Estimación de la relación a/c máx
6. **Cálculo del C.U.C. (contenido unitario de cemento)**

C.U.C.=agua necesaria para 1m³

C.U.C.=agua mezclado / (a/c)

7. **Definición de cantidad de Agregados**

Porcentaje elegido de agregados *volumen restante

Volumen restante= 1000 – (CUC+Aire+Agua)

Abaco 2: Relación a/c vs Resistencia del hormigón a la edad de 28 días para distintas categorías de cemento

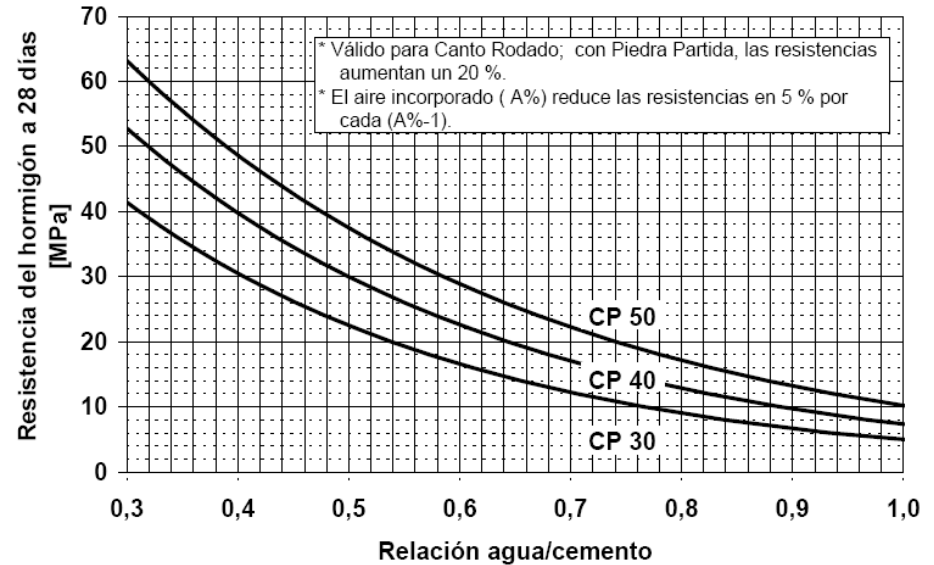


Tabla resumen del proceso de diseño

Componente	Peso para 1 m3 de hormigón (1) kg	Densidad (2) kg/dm3	Volumen sólido (3) dm3
Agua			
Cemento			
Ag. grueso 1			
Ag. grueso 2			
Ag. fino 1			
Ag. fino 2			
Aire	---		
Aditivo			
SUMAS			

DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Tabla 2.1. Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras

1	2	3	4	5	6
EXPOSICIÓN					
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde se pueden dar las clases de exposición
A 1	No agresiva		Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios no sometidos a condensaciones • Elementos exteriores de edificios, revestidos • Hormigón masivo interior • Estructuras en ambientes rurales y climas desérticos, con precipitación media anual < 250 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios protegidos de la intemperie • Columnas y vigas exteriores revestidas con materiales cerámicos o materiales que demoran la difusión del CO_2. • Elementos estructurales de hormigón masivo que no están en contacto con el medio ambiente. Parte interior de los mismos.
A 2	Ambiente Normal	Temperatura moderada y fría, sin congelación. Humedad alta y media o con ciclos de mojado y secado	Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios expuestos al aire con $\text{HR} \geq 65\%$ o a condensaciones • Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual < 1.000 mm. • Elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sótanos no ventilados • Fundaciones • Tableros y pilas de puentes • Elementos de hormigón en cubiertas de edificios • Exteriores de edificios. • Interiores de edificios con humedad del aire alta o media
A 3	Clima cálido y húmedo		Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> • Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual ≥ 1.000 mm • Temperatura media mensual durante más de 3 meses al año $\geq 25^\circ \text{C}$. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pavimentos • Losas para estacionamientos

DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Tabla 2.1. Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras (continuación)

1	2	3	4	5	6
EXPOSICIÓN					
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde se pueden dar las clases de exposición
C L	Húmedo o sumergido, con cloruros de origen diferente del medio marino		Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none">• Superficies de hormigón expuestas al rociado o la fluctuación del nivel de agua con cloruros• Hormigón expuesto a aguas naturales contaminadas por desagües industriales	<ul style="list-style-type: none">• Piletas de natación sin revestir.• Fundaciones en contacto con aguas subterráneas• Cisternas en plantas potabilizadoras• Elementos de puentes
M 1	Marino	Al aire	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none">• A más de 1 km. de la línea de marea alta y contacto eventual con aire saturado de sales.	<ul style="list-style-type: none">• Construcciones alejadas de la costa pero en la zona de influencia de los vientos cargados de sales marinas (*).
M 2		Al aire	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none">• A menos de 1 km. de la línea de marea alta y contacto permanente o frecuente con aire saturado con sales	<ul style="list-style-type: none">• Construcciones próximas a la costa.
		Sumergidos	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none">• Sumergidos en agua de mar, por debajo del nivel mínimo de mareas.	<ul style="list-style-type: none">• Estructuras de defensas costeras• Fundaciones y elementos sumergidos de puentes y edificios en el mar
M 3		Sumergidos	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none">• En la zona de fluctuación de mareas o expuesto a salpicaduras del mar	<ul style="list-style-type: none">• Estructuras de defensas costeras, fundaciones y elementos de puentes y edificios

(*) La distancia máxima depende de la dirección de los vientos predominantes. Cuando ellos provengan del mar, como ocurre en la mayor parte del litoral de la Provincia de Buenos Aires, esta zona está entre 1 km y 10 km. En la mayor parte de la Patagonia esta zona es inexistente. El Director del Proyecto deberá acotar los límites de aplicación de esta zona de agresividad.

DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

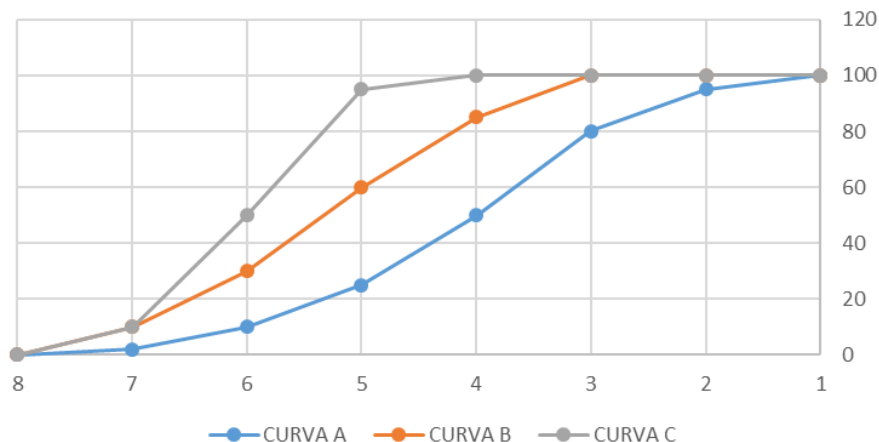
Tabla 3.3. Granulometrias del agregado fino.

Tamices de mallas cuadradas IRAM 1501-2/ NM-ISO 565	Porcentaje máximo que pasa, en masa		
	Granulometría A	Granulometría B	Granulometría C
9,5 mm	100	100	100
4,75 mm	95	100	100
2,36 mm	80	100	100
1,18 mm	50	85	100
600 μ m	25	60	95
300 μ m	10	30	50
150 μ m	2	10	10

Tabla 3.5. Granulometrias del agregado grueso

Tamaño Nominal	Porcentajes en masa que pasan por los tamices IRAM de mallas cuadradas								
	63,0 mm	53,0 mm	37,5 mm	26,5 mm	19,0 mm	13,2 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm
53,0 a 4,75	100	95 a 100	—	35 a 70	—	15 a 30	—	0 a 5	—
37,5 a 4,75	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	10 a 30	0 a 5	—
26,5 a 4,75	—	—	100	95 a 100	—	25 a 60	—	0 a 10	0 a 5
19,0 a 4,75	—	—	—	100	90 a 100	—	20 a 55	0 a 10	0 a 5
13,2 a 4,75	—	—	—	—	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5
53,0 a 26,5	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—
37,5 a 19,0	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	—	0 a 5	—	—

GRANULOMETRÍA



c) El **tamaño máximo nominal del agregado grueso** debe ser menor que:

- ☐ 1/3 del espesor en una losa, ó 1/5 de la menor dimensión lineal en cualquier otro elemento estructural.
- ☐ 3/4 de la mínima separación libre horizontal o vertical entre dos barras contiguas de armaduras, o entre grupos de barras paralelas en contacto directo que actúen como una unidad.

DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN

Utilizando el método de **dosificación del ICPA**, y con los datos de los materiales que se indican, es posible obtener a los 28 días un hormigón de **Resistencia Mínima** de [en MPa]:

- Módulo de Fineza del agregado total = **3,0**
- Asentamiento esperado = **5,0cm**
- Cemento (categoría) = **CP 40**
- Cantidad de cemento (kg) = **430**

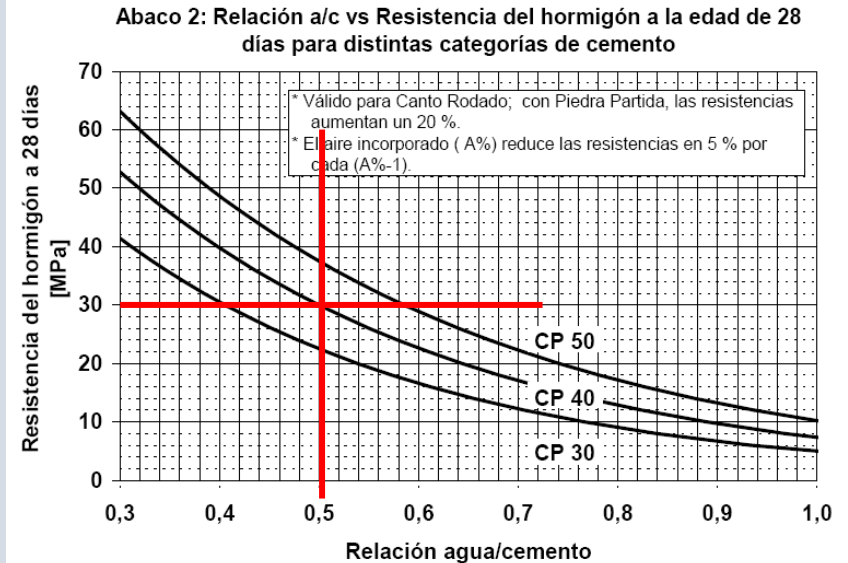
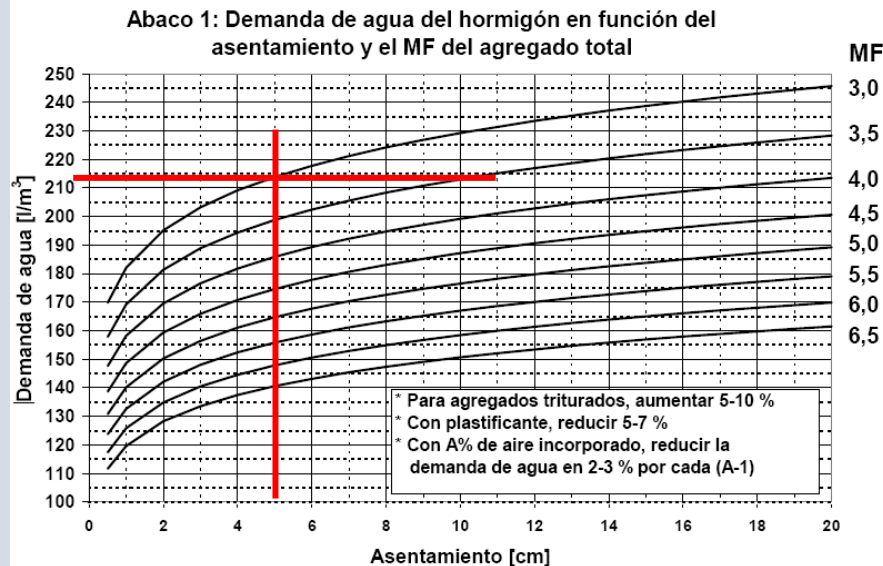
Seleccione una o más de una:

- ☐ a. 38
- ☐ b. Ninguna de las otras respuestas es correcta
- ☐ c. 34
- ☐ d. 40
- ☐ e. 36

Agua = 215 litros

Relación a/c = $215/430=0.50$

Resistencia mínima = 30MPa



DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN

Utilizando el método de **dosificación del ICPA**, y con los datos de los materiales que se indican, se necesita obtener a los 28 días un hormigón de **Resistencia Mínima** de **30MPa**. ¿Qué **cantidad** (en kg) mínima de cemento se debe incorporar para obtenerla?

- Módulo de Fineza del agregado total = **3,0**
- Asentamiento esperado = **10,0cm**
- Cemento (categoría) = **CP 40**

Seleccione una o más de una:

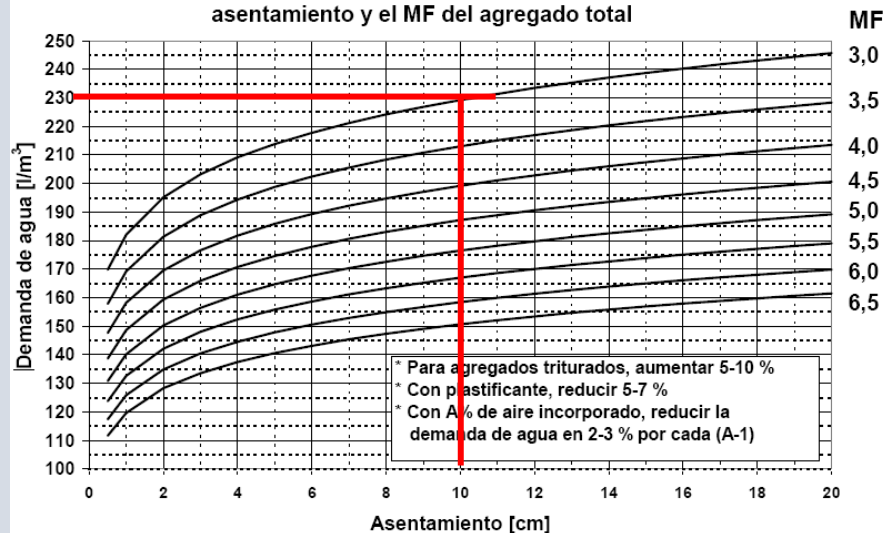
- ☐ a. 316
- ☐ b. 430
- ☐ c. 320
- ☒ d. Ninguna de las otras respuestas es correcta
- ☐ e. 300

Agua = 230 litros

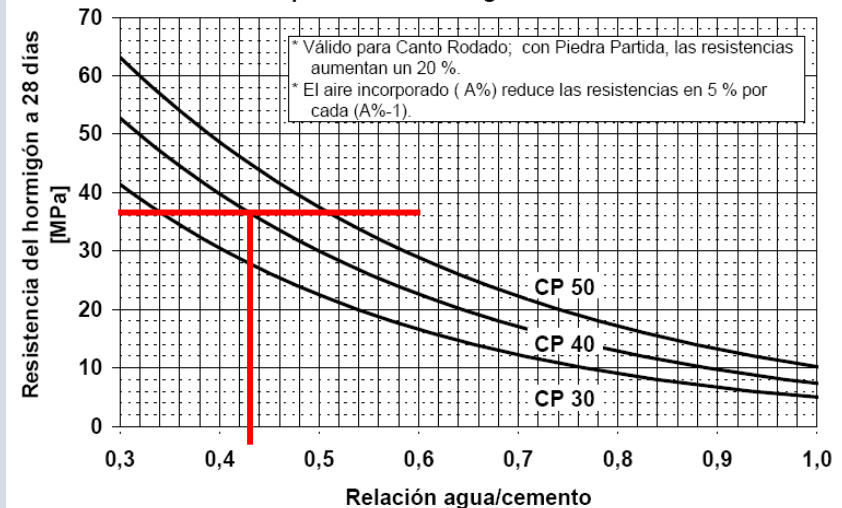
Relación a/c = 0.45

Cemento = Agua/0.45 = 230/0.45 = 511 kg

Abaco 1: Demanda de agua del hormigón en función del asentamiento y el MF del agregado total



Abaco 2: Relación a/c vs Resistencia del hormigón a la edad de 28 días para distintas categorías de cemento



DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN

Utilizando el método de **dosificación del ICPA**, y con los datos de los materiales que se indican, **es posible** obtener un hormigón estructural cuya **Resistencia Mínima** a los 28 días sea como mínimo de **25MPa**.

- Módulo de Fineza del agregado total = **4,0**
- Asentamiento esperado = **5,0cm**
- Cemento (categoría) = **CP 40**
- Cantidad de cemento (kg) = **305 kg**

Seleccione una:

☐ Verdadero

☐ Falso

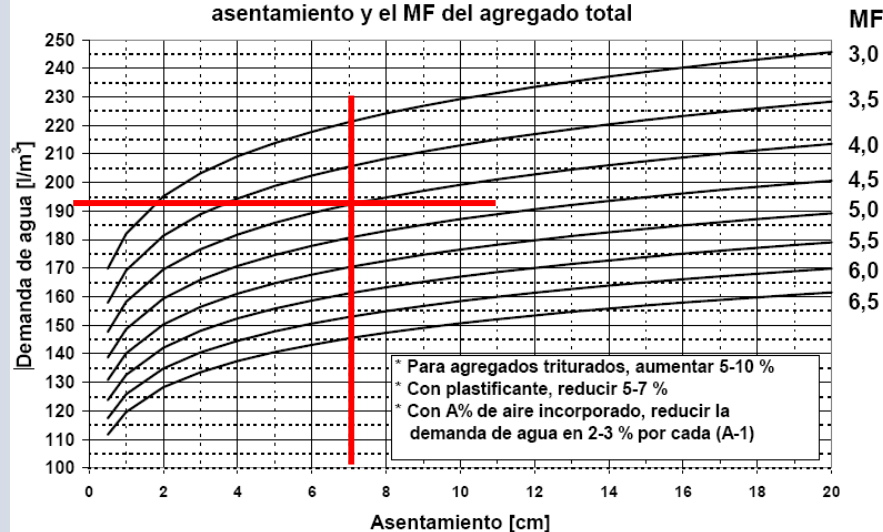
Agua = 192 litros

Relación a/c = $192/305 = 0.63$

Resistencia mínima = 22MPa

Está bien??

Abaco 1: Demanda de agua del hormigón en función del asentamiento y el MF del agregado total



Abaco 2: Relación a/c vs Resistencia del hormigón a la edad de 28 días para distintas categorías de cemento

