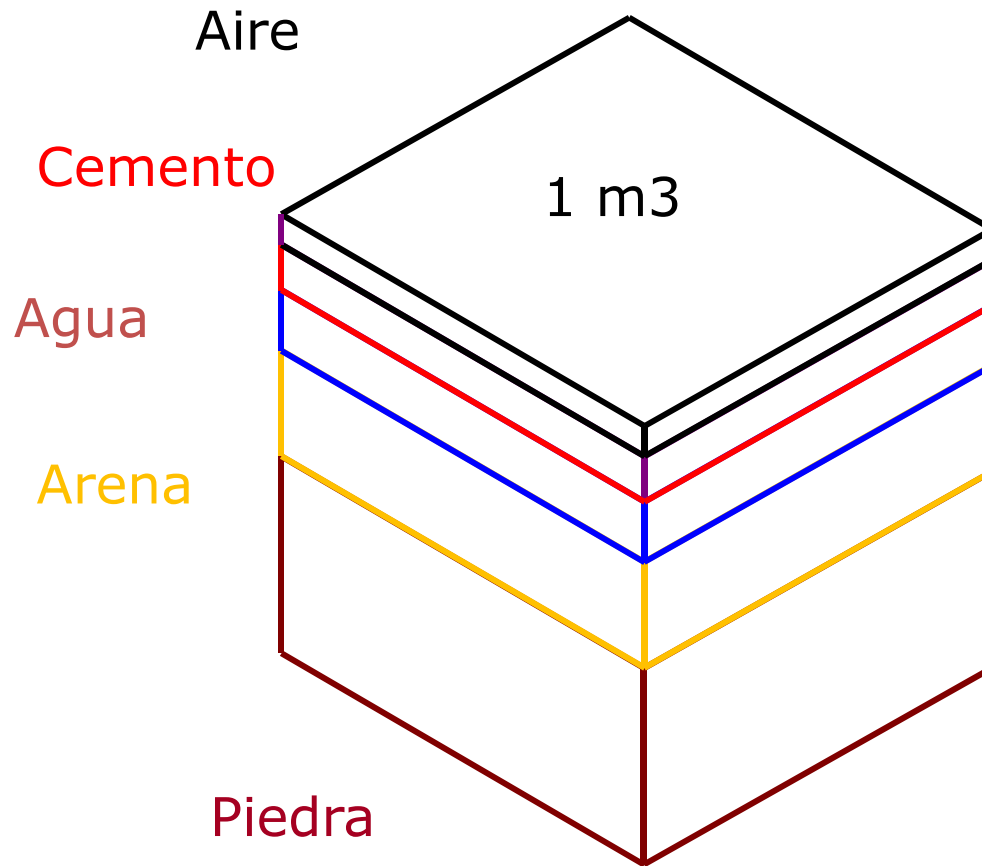


Dosificación racional de hormigones

Cátedra Tecnología de los Materiales de
Construcción

CASO PRACTICO

¿qué significa dosificar un H°?



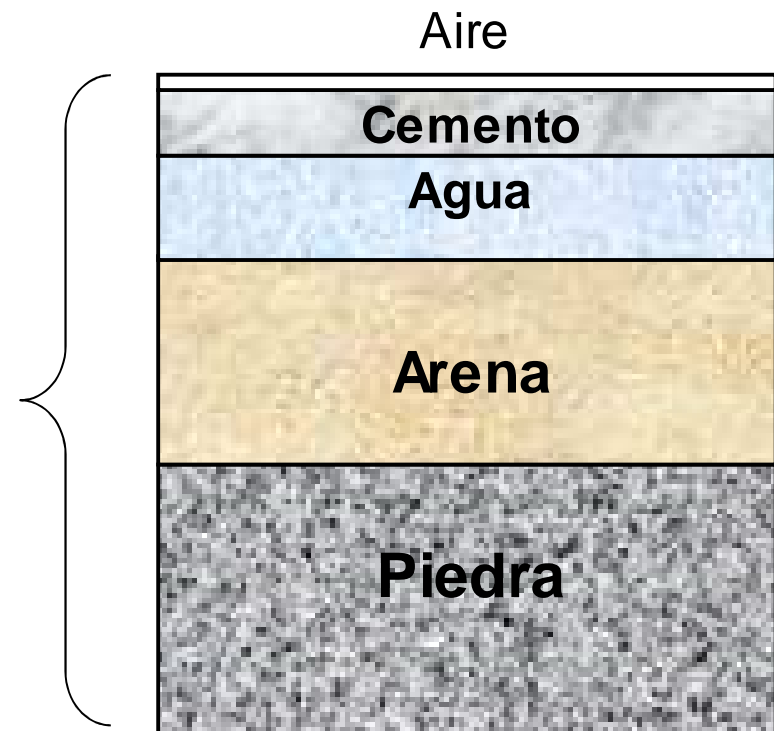
Dosificación racional de hormigones

Conceptos sobre el volumen del H°

Ejemplo:

	Dosificación [Kg/m ³]
Cemento	300
Agua	180
Arena	800
Agregado grueso	1100
Aire incorporado	20 litros

1 m³



**La densidad del hormigón generalmente
está entre 2300 y 2500 kg/m³**

Dosificación racional de hormigones

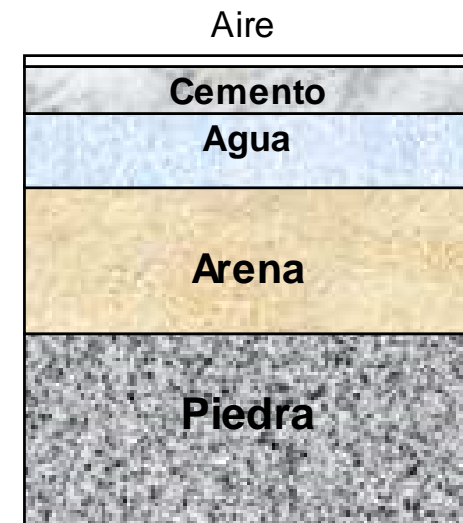
Conceptos sobre el volumen del H°

¿cómo aseguramos que dosificamos 1 m³ de H°?

Sumando los volúmenes individuales que ocupan los materiales que pesamos

$$\text{Volumen} = \text{peso} / \text{densidad}$$

	Dosificación [kg/m³]	Densidad [kg/m³]	Volumen [m³]
Cemento	300	3100	0,097
Agua	180	1000	0,180
Arena	800	2650	0,302
Agregado grueso	1100	2744	0,401
Aire incorporado	20 litros		0,020
Volumen total			1,000



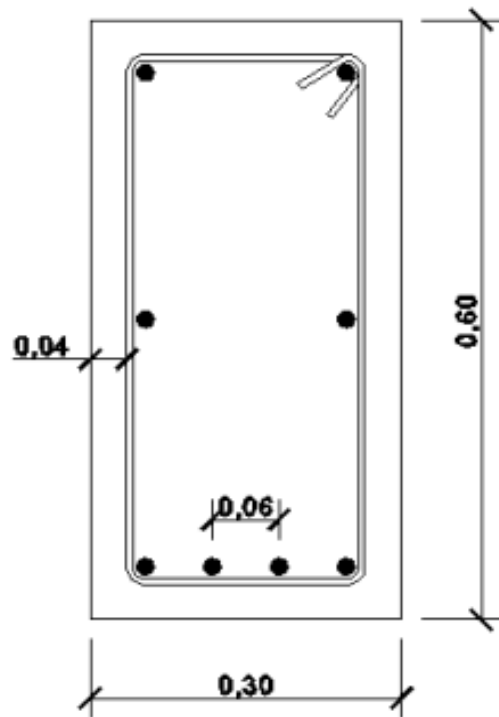
¿qué densidad usamos para los agregados?

Dosificación racional de hormigones

Ejercicio 1 - Enunciado del Problema

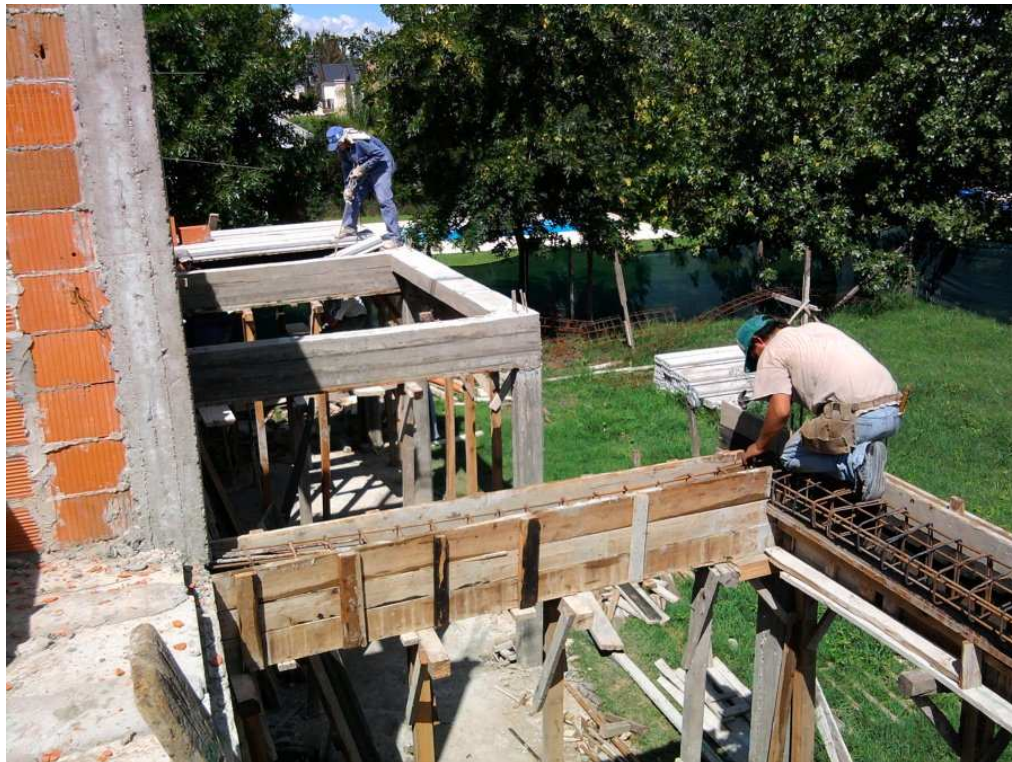
Dosificar un Hº para vigas de sección rectangular para estructuras de un edificio. Los datos son los siguientes.

- Sección transversal de la viga



Dosificación racional de hormigones

- Ubicación de las vigas a nivel de P.B (cota a 2.80 m)



Dosificación racional de hormigones

- Medio de colado: con balde y pluma



- Condiciones de exposición en el futuro: revestidas con mampostería
- Tipo de clima: templado seco
- Resistencia específica a los 28 días: $f'_c = 25 \text{ MPa}$.

Dosificación racional de Hormigones

Materiales Disponibles

	Cemento Portland	Agregado fino		Agregado grueso
Clase o tipo	Normal	Arena gruesa	Arena fina	Piedra partida
Tamaño nominal				6 - 19
Diam. max.nominal (mm)				19 mm
Modulo de fineza		3,56	2,56	6,42
Densidad absoluta	3,15			
Densidad relativa sss		2,62	2,79	2,83
Humedad Total		1,20%	1,60%	2.20 %
Absorción		0,90%	0,60%	0,50%

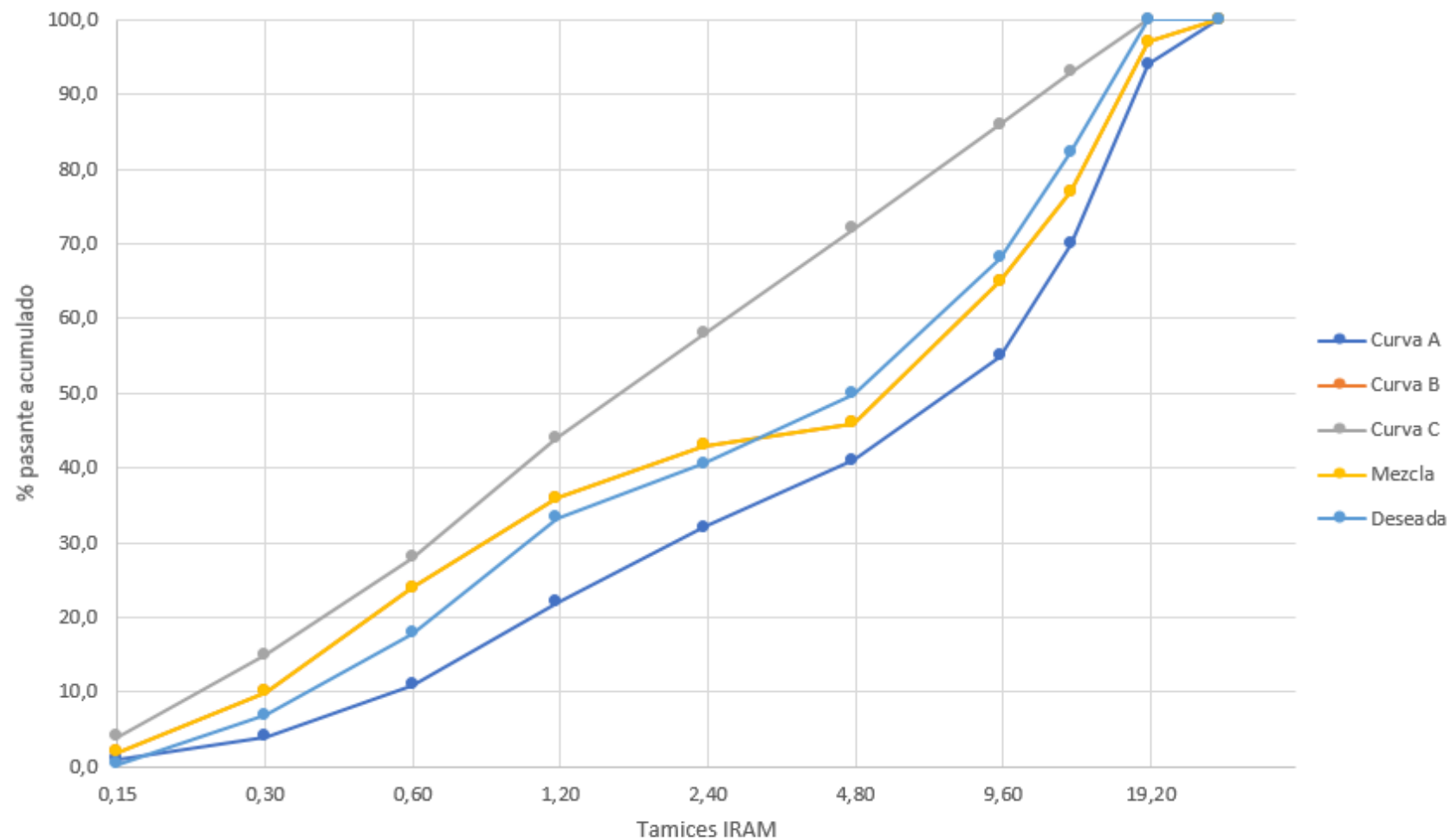
Dosificación racional de Hormigones

Tecnología de los Materiales de Construcción
Granulometría de Agregados Finos y Gruesos

		ARENAS (%)		ÁRIDOS GRUESOS (%)		MEZCLA		(Deseada - Obtenida)^2
IDENTIFICACION		Arena 1	Arena 2	6 -19		Curva Objetivo (Deseada)	Mezcla Real (Obtenida)	
% TAMIZ ASTM	% TAMIZ IRAM	7,00%	36,00%	57,00%				
CONTROL		100,00%						
3"	76	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	0
2"	50	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	0
1 1/2"	37,5	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	0
1"	25	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	0
3/4"	19	100,0	100,0	100,0		97,0	100,0	9
1/2"	12,5	100,0	100,0	69,0		77,0	82,3	28
3/8"	9,5	100,0	100,0	44,0		65,0	68,1	9
4	4,75	97,3	99,0	13,0		46,0	49,9	15
8	2,36	71,7	97,0	1,0		43,0	40,5	6
16	1,18	43,5	84,0	0,0		36,0	33,3	7
30	0,6	24,1	45,0	0,0		24,0	17,9	37
50	0,3	5,2	18,1	0,0		10,0	6,9	10
100	0,15	2,0	0,7	0,0		2,0	0,4	3
Módulo de fineza individuales		3,56	2,56	6,42				Σ 125
Módulo de fineza de la mezcla						4,77	4,83	

Dosificación racional de Hormigones

Gráfico granulométrico de agregado mezcla - Tamaño max. nominal 19,0 mm



Dosificación de Hormigones

Otras consideraciones

- Agua de amasado: potable
- Aire intencionalmente incorporado 0%
- Adiciones minerales pulverulentas: no se considera
- El proveedor de hormigón, empresa de la ciudad de Córdoba tiene muy buen control de calidad, tanto en lo que respecta a materiales como a provisión. Desviación estándar $S_n = 2,50 \text{ MPa}$

Dosificación racional de Hormigones

1er paso - Asentamiento

Tabla 2 - Elección del asentamiento.

Tipo de construcción	Asentamiento medido por el método del cono de Abrams [cm]
Muros armados de fundación y cimientos	5 a 12
Fundaciones, cajones y muros de hormigón simple	3 a 10
Losas, vigas y muros armados	8 a 15
Columnas de edificios	8 a 15
Pavimentos	3 a 8
Estructuras de gran espesor (masivas)	3 a 5



Dosificación racional de Hormigones

1er paso - Asentamiento

Tabla 3 – Métodos de compactación recomendados según la consistencia del hormigón

Tipo de consistencia	Asentamiento	Forma recomendada de compactación
Muy seca	*	vibradores internos de alta frecuencia, complementados con el golpeteo de los encofrados y/o con vibradores de encofrados
Seca	2,0 a 5,0 cm	
Plástica	5,0 a 10,0 cm	
Muy plástica	10,0 a 15,0 cm	vibradores internos de alta frecuencia complementado con el golpeteo de los encofrados
Fluída	15,0 a 18,0 cm	vibración interna muy leve y cuidadosa
Muy Fluida	*	Varillado



Dosificación racional de hormigones

1er paso - Asentamiento



Dosificación racional de Hormigones

1er paso – Seleccionar el asentamiento
(si no viene especificado en el proyecto)

Consultando la tabla 2 y la tabla 3, se establece un asentamiento de 12 cm, según el tipo de construcción, la consistencia de la mezcla y la forma recomendada de compactación.

La mezcla es muy plástica, y el asentamiento está entre 10 y 15 cm



Dosificación racional de Hormigones

2. Verificación de la resistencia especificada ($f'c$) según el ambiente en el que se encontrará la estructura (verificación por durabilidad)

$f'c$ es la resistencia es la que usó el proyectista para calcular la estructura
¿Es la correcta para el ambiente en que se encontrará la estructura?

Requisitos	Tipos de exposición de las estructuras, de acuerdo a la clasificación de las Tablas 2.1. y 2.2. y sus complementarias 2.3. y 2.4.									
	A 1	A 2	A 3	M 1	M 2	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

(1) Cuando se use cemento pórtland más una adición mineral activa, se debe reemplazar la razón agua/cemento (a/c), por la razón agua/ material cementicio $[a/(c+x)]$, que tenga en cuenta la suma del cemento pórtland (c) y la cantidad y eficiencia de la adición (x).

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

(3) Adicionalmente, se debe proteger a la estructura con una membrana, película o material impermeable, capaz de resistir la agresión.

Tabla 4 – Requisitos de durabilidad a cumplir por los hormigones en función del tipo de exposición de la estructura

Selección de la resistencia especificada (f'_c)

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 min (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 portland 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 o 2.2.10.3.

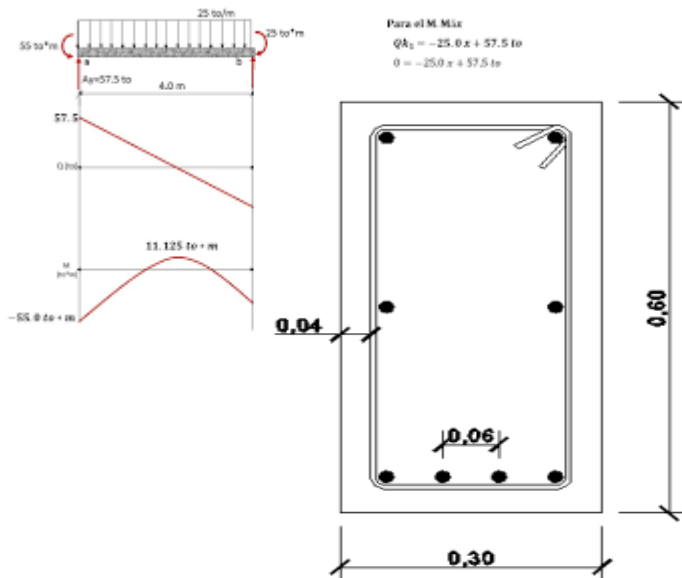
Selección de la resistencia especificada mínima por durabilidad

Hormigón armado	0,60	0,40
Hormigón pretensado	0,60	0,40
b) f'_c min (MPa)		
Hormigón simple	----	----
Hormigón armado	20	25
Hormigón pretensado	25	30
Penetración de agua o succión capilar según	no	si

Se adopta la MAYOR.
Criterio conservador

Resistencia especificada por diseño estructural

• Resistencia específica a los 28 días: $f'_c = 25$ MPa.



Dosificación racional de hormigones

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 min (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 pórtland (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 racional 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 CO₂. • Elementos estructurales de hormigón masivo que no están en contacto con el medio ambiente. Parte interior de los mismos.
		Temperatura moderada y		<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios expuestos al aire 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructuras no ventiladas

Dosificación racional 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 • Pavimentos • Losas para estacionamientos
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 $\geq 25^\circ \text{C}$. 	

Dosificación racional 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 racional de hormigones

Tabla 2.2. Clases específicas de exposición que pueden producir degradación distinta de la corrosión de armaduras

1	2	3	4	5	6
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde pueden darse las clases de exposición
C 1	Congelación y deshielo	Sin sales descongelantes	Ataque por congelación y deshielo	Elementos en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa ambiente media en invierno superior al 75 %, y que tengan una probabilidad mayor que el 50 % de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5 °C	<ul style="list-style-type: none"> • Superficies expuestas a la lluvia o a atmósferas húmedas. • Estructuras que contienen agua o la conducen.
C 2		Con sales descongelantes	Ataque por congelación y deshielo y por sales descongelantes	Estructuras destinadas al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con temperatura mínima media en los meses de invierno inferior a 0°C	<ul style="list-style-type: none"> • Pistas de aterrizaje, caminos y tableros de puentes. • Superficies verticales expuestas a la acción directa del rociado con agua que contiene sales descongelantes. • Playas de estacionamiento y cocheras en los edificios.
Q 1	Ambientes con agresividad química	Moderado	Ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (Ver Tablas 2.3 y 2.4). 	
Q 2		Fuerte		<ul style="list-style-type: none"> • Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (Ver Tablas 2.3 y 2.4). • Exposición al agua de mar 	
Q 3		Muy fuerte		<ul style="list-style-type: none"> • Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (Ver Tablas 2.3 y 2.4). 	

Dosificación racional de hormigones

Tabla 2.3. Valores límites de sustancias agresivas en aguas de contacto

Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO ₄ ²⁻) (1)	Magnesio (Mg ²⁺) (2)	pH (3)	Disolución de cal por ataque con ácido carbónico (CO ₂ ²⁻) (4)	Amonio (NH ₄ ⁺) (5)
	mg/litro	mg/litro	-----	mg/litro	mg/litro
Moderado	150 a 1.500	300 a 1.000	6,5 a 5,5	15 a 40	15 a 30
Fuerte	1.500 a 10.000	1.000 a 3.000	5,5 a 4,5	40 a 100	30 a 60
Muy fuerte	Mayor de 10.000	Mayor de 3.000	Menor de 4,5	Mayor de 100	Mayor de 60
(1); (2); (3) y (5) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM 1872:2004. (4) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM 1708:1998.					

Dosificación racional de hormigones

Tabla 2.4. Valores límites de sustancias agresivas en suelos de contacto

Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO ₄ ²⁻) (1)	Grado de acidez Baumann – Gully Modificado (2)
	% en masa	Nº
Moderado	0,10 a 0,20	Mayor de 20
Fuerte	0,20 a 2,00	-----
Muy fuerte	Mayor de 2,00	-----
(1) Se determinará con el método especificado en la norma IRAM 1873:2004.		
(2) Se determinará con el método especificado en la norma IRAM 1707-1:1998		

Dosificación racional de hormigones

Paso 3 - Estimación de la resistencia de diseño de la mezcla (f'_{cr})

Considerando los datos del enunciado, la empresa proveedora del hormigón tiene un muy buen control de calidad, el dato proporcionado por la misma con respecto a su desviación estándar es 2,50 MPa.

- Resistencia específica a los 28 días: $f'_c = 25 \text{ MPa}$.

Dosificación racional de hormigones

3. Cálculo de la resistencia de diseño (f'_{cr})

5.2.2. Estimación de la resistencia de diseño de la mezcla

5.2.2.1. La **resistencia de diseño de la mezcla de hormigón** que se utilizará en obra, es la resistencia media de rotura a compresión para la cual se dosifica dicha mezcla. La resistencia media de las probetas moldeadas con la mezcla en los ensayos de prueba debe ser igual o mayor que la resistencia de diseño de la mezcla calculada de acuerdo con el artículo 5.2.2.2.

	Modo 1	Modo 2
Cálculo de la resistencia de diseño (f'_{cr})	$f'_{cr} = f'_c + 1,34 s_n$ $f'_{cr} = f'_c + 2,33 s_n - 3,5$	$f'_{cr} = (f'_c + 5) + 1,34 s_n$ $f'_{cr} = f'_c + 2,33 s_n$

5.2.2.4. En ningún caso la **desviación estándar**, s_n , a utilizar en la estimación de la resistencia de diseño de la mezcla debe ser menor que **3,0 MPa**.

Resistencia de diseño: para f'_c : 25 MPa y s_n : 3,0 MPa

	Modo 1	Modo 2
Cálculo de la resistencia de diseño (f'_{cr})	$f'_{cr} = f'_c + 1,34 s_n$ $f'_{cr} = f'_c + 2,33 s_n - 3,5$	$f'_{cr} = (f'_c + 5) + 1,34 s_n$ $f'_{cr} = f'_c + 2,33 s_n$

	Modo 1	Modo 2
Cálculo de la resistencia de diseño (f'_{cr})	$f'_{cr} = 25 \text{ Mpa} + 1,34 \times 3 = 29,0 \text{ MPa}$ $f'_{cr} = (25-3,5) \text{ Mpa} + 2,33 \text{ MPa} \times 3 = 28,5 \text{ MPa}$	$f'_{cr} = (25 + 5) \text{ Mpa} + 1,34 \times 3 \text{ MPa} = 34,0 \text{ MPa}$ $f'_{cr} = 25 \text{ Mpa} + 2,33 \text{ MPa} \times 3 \text{ Mpa} = 32,0 \text{ MPa}$

5.2.2.4. En ningún caso la **desviación estándar**, s_n , a utilizar en la estimación de la resistencia de diseño de la mezcla debe ser menor que **3,0 MPa**.

$$f'_{cr} = 29,0 \text{ MPa}$$

Dosificación racional de hormigones

Cirsoc 201 - 2005

5.2.2.3. La **desviación estándar** se debe determinar de acuerdo con el artículo 5.2.3.

5.2.2.4. En ningún caso la **desviación estándar**, s_n , a utilizar en la estimación de la resistencia de diseño de la mezcla debe ser menor que **3,0 MPa**.

5.2.2.5. Cuando no se cuente con registros para determinar la desviación estándar, el hormigón se debe proyectar adoptando la **resistencia media de rotura a compresión dada en la Tabla 5.5**.

Tabla 5.5. Resistencia de diseño de la mezcla cuando no se conoce la desviación estándar para hormigones sin armar y armados

Resistencia especificada (f'_c) MPa	Resistencia de diseño de la mezcla (f'_{cr}) MPa
Igual o menor que 20	$f'_c + 7,0$
Mayor que 20 y menor que 35	$f'_c + 8,5$
Mayor que 35	$f'_c + 10,0$

5.2.2.6. Durante la construcción de la obra, y a medida que se disponga de resultados de ensayos, se podrá determinar su desviación estándar y con ese valor reajustar la mezcla. **El valor a adoptar en ningún caso debe ser menor que 2,0 MPa.**

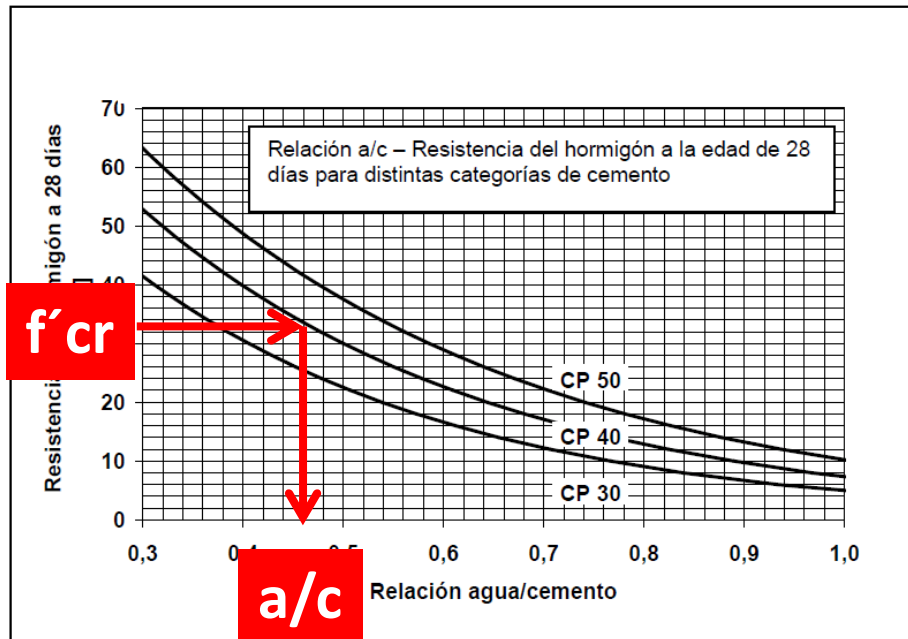
5.2.3. Desviación estándar

5.2.3.1. La **desviación estándar** es una medida estadística de la **dispersión de los resultados de los ensayos que representan a un determinado hormigón**.

Dosificación racional de hormigones

4. Determinación de la relación a/c

Criterio de Resistencia



Criterio de Durabilidad

Requisitos	Tipos de exposición de las estructuras, de acuerdo a la clasificación de las Tablas 2.1. y 2.2. y sus complementarias 2.3. y 2.4.									
	A 1	A 2	A 3	M 1	M 2	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'_{cm} (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

(1) Cuando se use cemento pórtland más una adición mineral activa, se debe reemplazar la razón agua/cemento (a/c), por la razón agua/ material cementicio $[a/(c+x)]$, que tenga en cuenta la suma del cemento pórtland (c) y la cantidad y eficiencia de la adición (x).

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

(3) Adicionalmente, se debe proteger a la estructura con una membrana, película o material impermeable, capaz de resistir la agresión.

Se adopta la MENOR.
Criterio conservador

Dosificación de Hormigones

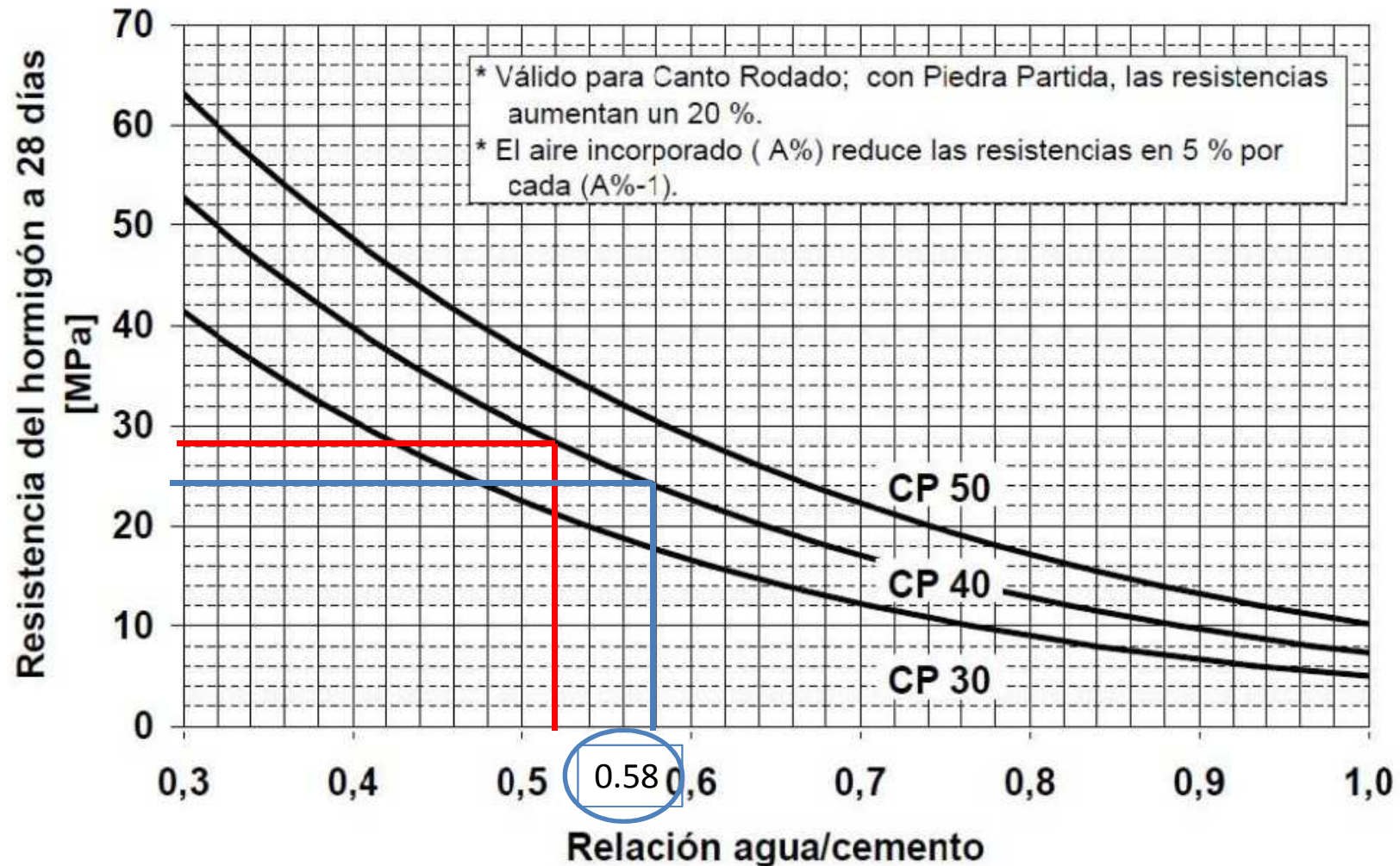
Paso 4 - Elección de la relación agua/cemento

Por resistencia – entramos al gráfico Nº 2 con el valor de f'_{cr} , cortamos a la curva de CP que estamos considerando y determinamos a/c

4 - Elección de la relación agua/cemento

Dosificación de Hormigones

Grafico 2: Relación a/c - Resistencia del Hormigón a la edad de 28 días para distintas categorías de cemento



Como se emplea piedra partida como agregado grueso, es lícito estimar un incremento de resistencia de un 20%, por lo que el procedimiento razonable sería establecer, del Abaco 2, la relación agua/cemento que corresponda a una resistencia igual al 83% (1/1,20) de la resistencia de diseño f'_{cm} .

$$f'_c \times 0,83 = f'_{cm}$$
$$29,00 \text{ MPa} \times 0,83 = 24,00 \text{ MPa}$$

Entrando al ábaco en 24,00 MPa corta a la curva CP40, de ese punto una recta paralela al eje de ordenadas nos da una relación $a/c = 0,58$

Dosificación de Hormigones

4 - Elección de la relación agua/cemento

De acuerdo con los datos las vigas estarán sometidas a una exposición tipo A1 (medio ambiente interior sometido a condensación). Luego no existe ningún tipo de agresión.

Dosificación racional de hormigones

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 min (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 p^ortland 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 p^ortland (**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.

4 - Elección de la relación agua/cemento

Selección de relación agua/cemento
Elegimos $a/c = 0.58$ (es decir la menor
de las dos relaciones halladas)

Dosificación racional de hormigones

5 - Elección del diámetro nominal del agregado grueso (tamaño máximo)

3.2.4.2. Granulometría del agregado grueso

- a) Al ingresar a la hormigonera, el agregado grueso tendrá una granulometría comprendida dentro de los límites que para cada tamaño nominal se indican en la Tabla 3.5.
- b) Debe estar constituido por una mezcla de dos (2) o más fracciones, que cumplan con todo lo indicado en este Reglamento, incluyendo los límites granulométricos dados en la Tabla 3.5., cuando:
 - ☐ Se utilice en hormigones de **clase mayor de H-20** y el tamaño máximo nominal sea mayor de **26,5 mm**.
 - ☐ Se utilice en hormigones de **clase igual o menor de H-20** y el tamaño máximo nominal sea mayor de **37,5 mm**.
- 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.**

Lo que se busca al limitar el tamaño máximo del agregado es no perder homogeneidad en el hormigón colocado.

5 - Elección del diámetro nominal del agregado grueso (tamaño máximo)

nominal sea mayor de **37,5 mm**.

- 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 racional de hormigones

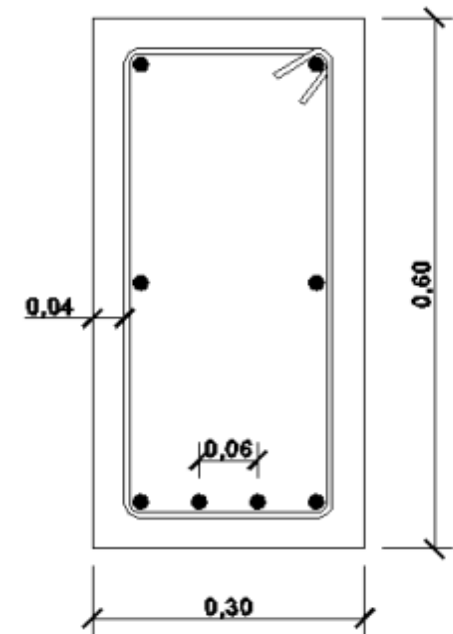
5 - Elección del diámetro nominal del agregado grueso (tamaño máximo)

Tenemos disponible una piedra partida 6 – 19 mm.
No obstante verificaremos las condiciones reglamentarias

$D_{\max. \text{ nom.}} \leq 1/5 e_{\min} = 1/5 \times 300 = 60 \text{ mm} \geq 19 \text{ mm}$

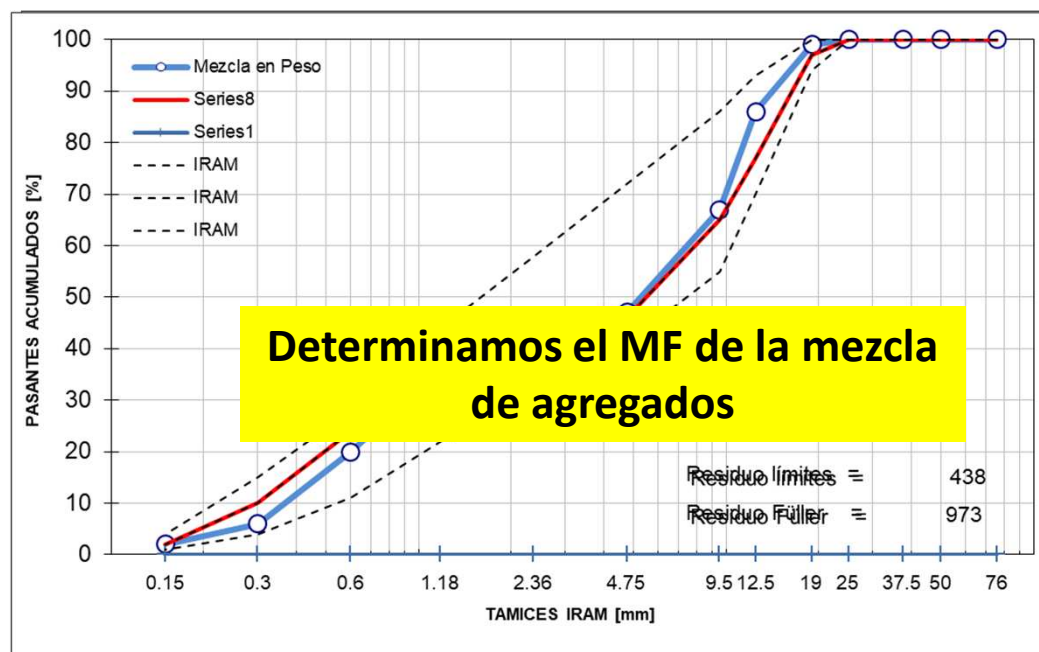
$D_{\max. \text{ nom.}} \leq 3/4 S_{vh} = 3/4 \times 60 = 45 \text{ mm} \geq 19 \text{ mm}$

Luego nuestro árido satisface los requisitos exigidos para el diámetro máximo nominal.



Dosificación racional de hormigones

6 - Determinación de la mezcla de agregados más conveniente



El aspecto final del hormigón cuando se realice el pastón de prueba definirá la necesidad o no de ajustar la mezcla de agregados

EN GENERAL:

- **contenido de arena** <50%
- Granulometría **dentro del entorno de las curvas A y B.**
- Si las estructuras a construir son de geometría compleja o de espacios reducidos convienen **mezclas más dóciles** y por lo tanto con mayor contenido de arena (curvas más finas).
- Siempre que la geometría de la estructura, los métodos de colocación y la consistencia del hormigón lo permitan utilice **granulometrías más gruesas.**
- **Curvas granulométricas suaves**

Dosificación racional de Hormigones

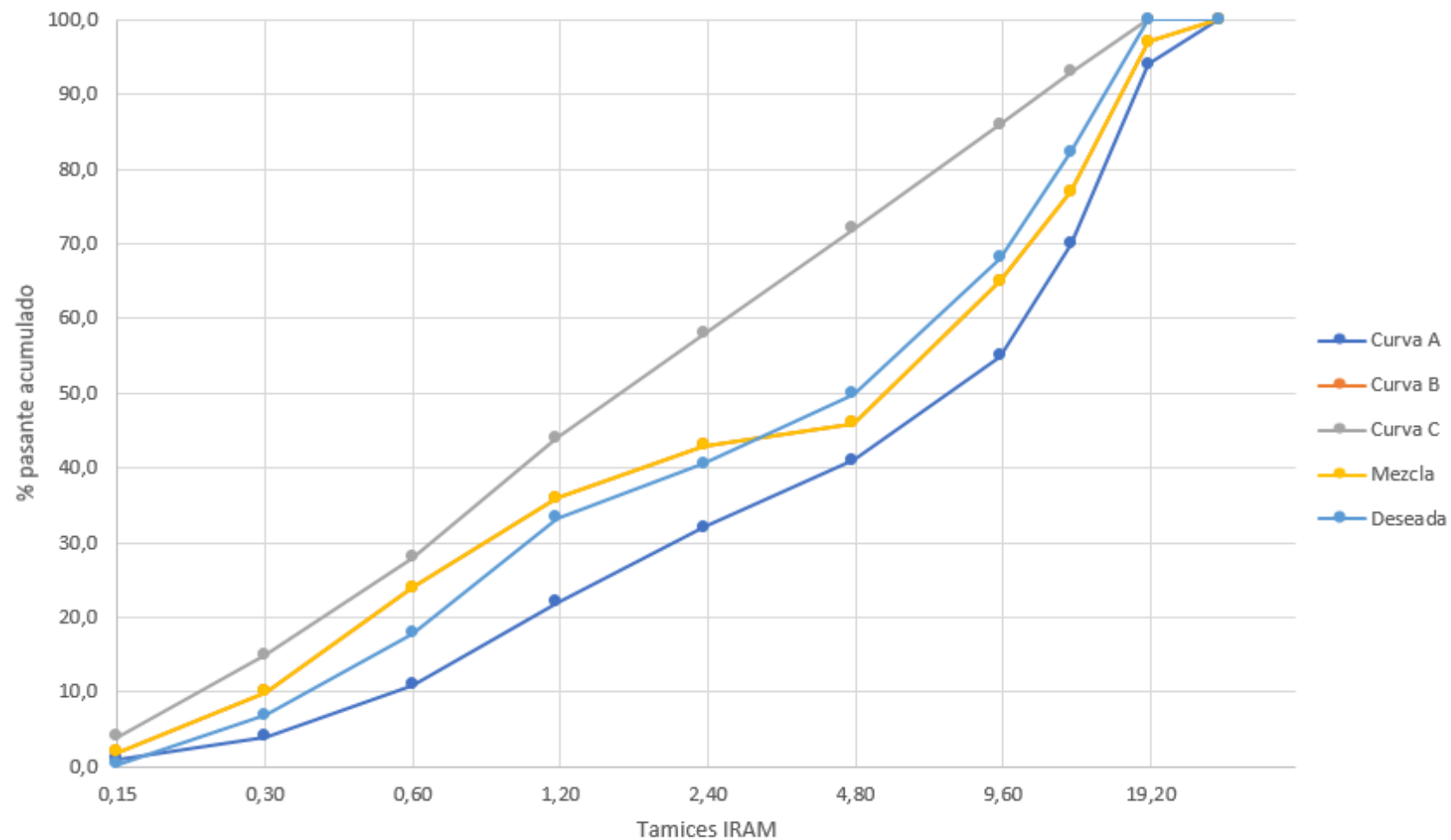
Tecnología de los Materiales de Construcción

Granulometría de Agregados Finos y Gruesos

		ARENAS (%)		ÁRIDOS GRUESOS (%)		MEZCLA		(Deseada - Obtenida)^2
IDENTIFICACION		Arena 1	Arena 2	6 -19		Curva Objetivo (Deseada)	Mezcla Real (Obtenida)	
% TAMIZ ASTM	% TAMIZ IRAM	7,00%	36,00%	57,00%				
CONTROL		100,00%						
3"	76	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	0
2"	50	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	0
1 1/2"	37,5	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	0
1"	25	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	0
3/4"	19	100,0	100,0	100,0		97,0	100,0	9
1/2"	12,5	100,0	100,0	69,0		77,0	82,3	28
3/8"	9,5	100,0	100,0	44,0		65,0	68,1	9
4	4,75	97,3	99,0	13,0		46,0	49,9	15
8	2,36	71,7	97,0	1,0		43,0	40,5	6
16	1,18	43,5	84,0	0,0		36,0	33,3	7
30	0,6	24,1	45,0	0,0		24,0	17,9	37
50	0,3	5,2	18,1	0,0		10,0	6,9	10
100	0,15	2,0	0,7	0,0		2,0	0,4	3
Módulo de fineza individuales		3,56	2,56	6,42				Σ 125
Módulo de fineza de la mezcla						4,77	4,83	

Dosificación racional de Hormigones

Gráfico granulométrico de agregado mezcla - Tamaño max. nominal 19,0 mm



Dosificación racional de hormigones

Paso 7 - Volumen de aire intencionalmente incorporado

En este caso no se exige. De todas maneras tendremos en cuenta un cierto volumen de aire arrastrado, que no se elimina con la compactación.

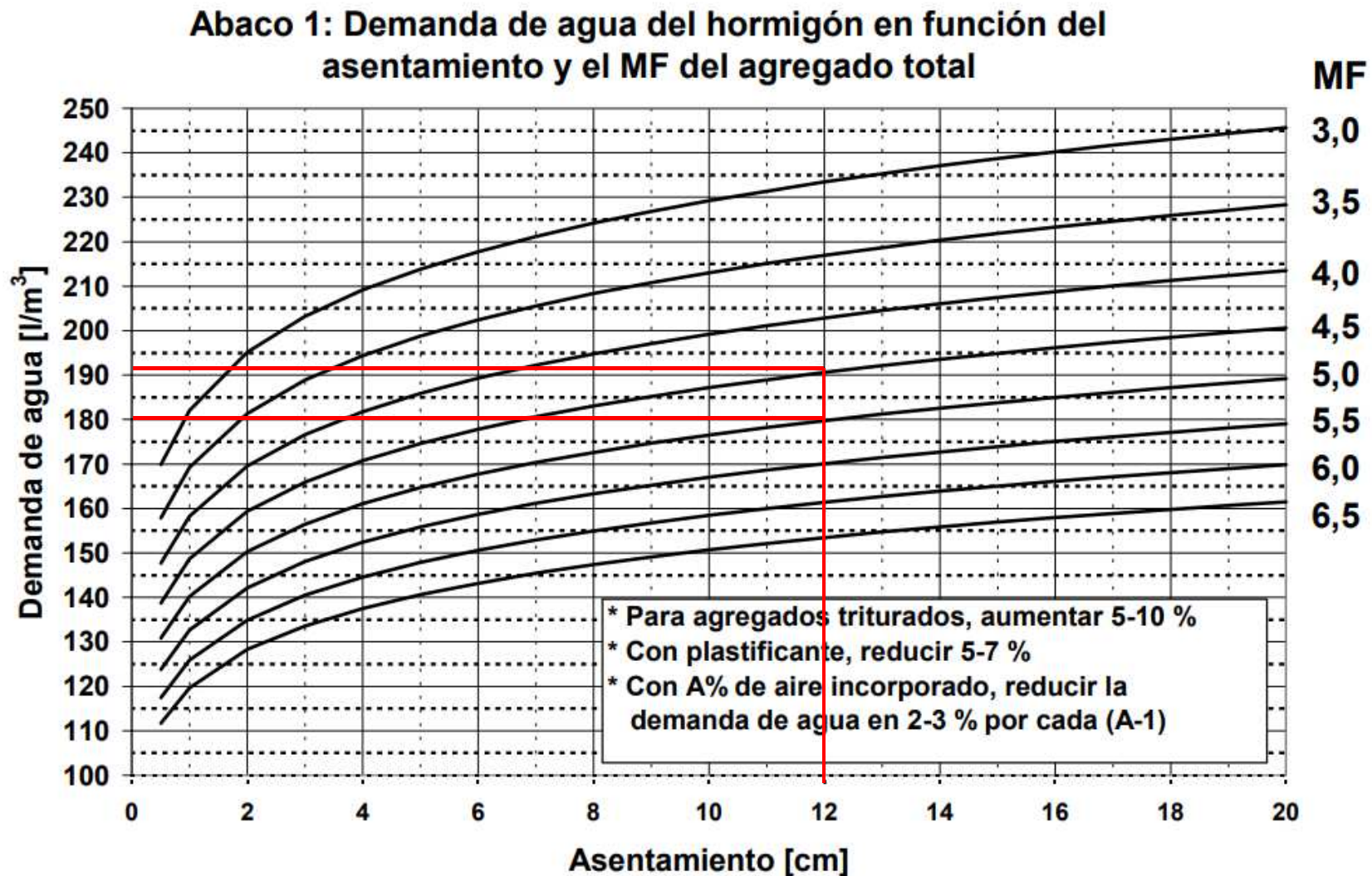
De la tabla 7, según en tamaño máximo (mm) determinamos el % de aire naturalmente incorporado

Tamaño máximo del agregado [mm]	12,5	19	26,5	37,5	50
Aire Naturalmente incorporado [%]*	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5

El aire se expresa como un porcentaje en volumen respecto al metro cúbico de H°, es decir que 2% de aire es 2% en 1000 litros de hormigón, 20 litros de aire.

Dosificación racional de hormigones

Paso 8 – Contenido de agua



Dosificación racional de hormigones

Paso 8 – Contenido de agua

$$y = y_o + \frac{y_1 - y_o}{x_1 - x_o} \times (x - x_o)$$

X0	4,5	Y0	192
X	4,83	Y	???
X1	5	Y1	180

AJUSTES:

- Si los agregados son triturados
+5-10%
- Si se incorpora aire
-2 o 3% cada A% - 1%
- Si se usa un aditivo
-x% en función del aditivo

$$184 \times 1,07 = 197 \text{ l de agua por m}^3 \text{ de H}^\circ$$

Dosificación racional de hormigones

9. Determinación del Contenido de Cemento (CUC) y de aditivos (m_{ad})

$$CUC \left[\frac{kg}{m^3_{H^o}} \right] = CUA \left[\frac{kg}{m^3_{H^o}} \right] / \frac{a}{c} \quad m_{ad} \left[\frac{kg}{m^3_{H^o}} \right] = CUC \left[\frac{kg}{m^3_{H^o}} \right] \times \frac{Ad[\%]}{100}$$

A los efectos de proteger las armaduras contra la corrosión, el contenido mínimo de cemento debe ser igual a **280 kg/m³** de hormigón

$$CUC (kg/m^3_{H^o}) = 197 \text{ l} / 0,58 = 339 \text{ kg/m}^3_{H^o}$$

Dosificación racional de hormigones

10. Determinación de la masa de los diferentes agregados

$$1,00 \text{ m}^3 \text{ de } H^o = \frac{CUC}{\partial_{cto}} + \frac{CUA}{\partial_{AGUA}} + \frac{m_{aditivo}}{\partial_{aditivo}} + V_{aire} + \frac{PArena F}{\partial_{afina}} + \frac{PArena G}{\partial_{agruesa}} + \frac{PPP}{\partial_{ppp}}$$

$$1,00 \text{ m}^3 \text{ de } H^o = \frac{CUC}{\partial_{cto}} + \frac{CUA}{\partial_{AGUA}} + \frac{m_{aditivo}}{\partial_{aditivo}} + V_{aire} + \frac{Pt \times \% Arena F}{\partial_{afina}} + \frac{Pt \times \% Arena G}{\partial_{agruesa}} + \frac{Pt \times \% PPP}{\partial_{ppp}}$$

$$1,00 \text{ m}^3 \text{ de } H^o = \frac{CUC}{\partial_{cto}} + \frac{CUA}{\partial_{AGUA}} + \frac{m_{aditivo}}{\partial_{aditivo}} + V_{aire} + Pt \times \left(\frac{\% Arena F}{\partial_{afina}} + \frac{\% Arena G}{\partial_{agruesa}} + \frac{\% PPP}{\partial_{ppp}} \right)$$

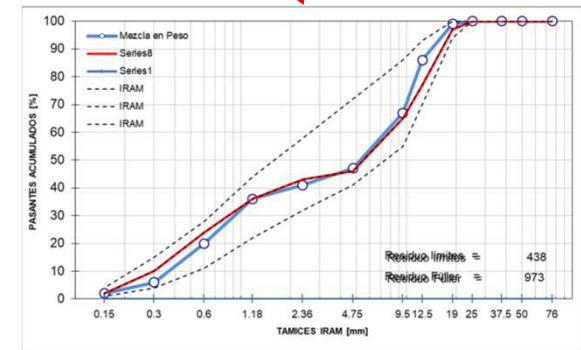
Dosificación racional de hormigones

10. Determinación de la masa de los diferentes agregados

$$V_{pasta} = \frac{CUC}{\partial_{cto}} + \frac{CUA}{\partial_{AGUA}} + \frac{m_{aditivo}}{\partial_{aditivo}} + V_{aire}$$

$$V_{agregados} = 1 m^3 - V_{pasta}$$

$$V_{agregados} = P_t \times \sum \frac{\%agregado_i}{\partial_{sss_i}} \therefore P_t$$



$$P_i = P_t \times \%agregado_i$$

Dosificación racional de hormigones

$$Volumen_{agregados} \text{ (por } m^3 \text{ de } H^o) = Pt \times \left(\frac{\% Arena F}{\partial_{afina}} + \frac{\% Arena G}{\partial_{agruesa}} + \frac{\% PPP}{\partial_{ppp}} \right)$$

$$Pt \text{ (kg)} = \frac{V_{agregados}}{\frac{\% Arena F}{\partial_{afina}} + \frac{\% Arena G}{\partial_{agruesa}} + \frac{\% PPP}{\partial_{ppp}}}$$

Dosificación racional de Hormigones

Materiales Disponibles

	Cemento Portland	Agregado fino		Agregado grueso
Clase o tipo	Normal	Arena gruesa	Arena fina	Piedra partida
Tamaño nominal				6 - 19
Diam. max.nominal (mm)				19 mm
Modulo de fineza		3,56	2,56	6,42
Densidad absoluta	3,15			
Densidad relativa sss		2,62	2,79	2,83
Humedad Total		1,20%	1,60%	2,20%
Absorción		0,90%	0,60%	0,50%
Proporciones		7%	36%	57%

Dosificación de Hormigones

10 - Determinación de la masa de los diferentes agregados

$$\begin{aligned} V_{\text{pasta}} &= V_c + V_a + V_{\text{aire}} \\ &= 339\text{kg}/3150\text{kg/m}^3 + 0,197 \text{ m}^3 + 0,020 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V_{\text{pasta}} = 0,325 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{agregados}} = 1 - 0,325 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{agregados}} = 0,675 \text{ m}^3$$

Dosificación de Hormigones

Humedad Total		1,20%	1,60%	2,20%
Absorción		0,90%	0,60%	0,50%
Proporciones		7%	36%	57%

Relación a/c	0,58	
Cantidad de agua	184	l
Por ser piedra partida lo multiplicamos por 1,07	197	l
CUC	339	kg/m ³

PASTON DE PRUEBA

La dosificación que se había obtenido es:

	Psss (kg)	D. Rel	Volumen (l)	Volumen (l)	a%
Arena gruesa	132	2.620,0	0,051	0,675	0,90%
Arena fina	681	2.790,0	0,244		0,60%
Piedra Partida	1.078	2.830,0	0,381		0,50%
Cemento	339	3.150,0	0,108	0,325	
Agua	197	1.000,0	0,197		
Aire			0,020		
Densidad Teorica	2.427		1,000		

Peso total de agrega $= \frac{F28}{(D14/D28 + E14/D29 + F14/D30)}$

Dosificación de Hormigones

PASTON DE PRUEBA

Pastón de Prueba	0,035	mt ³
------------------	-------	-----------------

La dosificación que se había obtenido es:

	Psss (kg)	D. Rel	Volumen (l)	Volumen (l)	a%	Ps	ht%	Ph	Agua sobrante/faltante	Mezcla Corregida	Pastón de prueba
Arena gruesa	132	2.620,0	0,051	0,675	0,90%	131	1,20%	133	0,39	133	4,65
Arena fina	681	2.790,0	0,244		0,60%	677	1,60%	687	6,77	687	24,06
Piedra Partida	1.078	2.830,0	0,381		0,50%	1.072	2,20%	1.096	18,23	1.096	38,36
Cemento	339	3.150,0	0,108	0,325						339	11,88
Agua	197	1.000,0	0,197							171	6,00
Aire			0,020								
Densidad Teorica	2.427		1,000							2.427	84,95

Peso total de agregados

1.891 kg

Dosificación de Hormigones

11. CORRECCIÓN DE HUMEDAD

RESUELTO EN PLANILLA EXCEL – DOSIFICACIÓN