

ACERO Y HORMIGÓN. SU CONTROL EN TABLAS

MANUAL RÁPIDO DE CONSULTA



Manuel Jesús CARRETERO-AYUSO
Arquitecto Técnico e Ingeniero de Edificación



ACERO Y HORMIGÓN. SU CONTROL EN TABLAS

MANUAL RÁPIDO DE CONSULTA

Manuel Jesús CARRETERO-AYUSO

Arquitecto Técnico e Ingeniero de Edificación

PRESENTACIÓN



Los técnicos disponemos en el mundo de la edificación de un campo normativo sobreabundante y complejo, al tiempo que incompleto en algunos campos. Dentro de las normativas de obligado cumplimiento la Instrucción de Hormigón Estructural cobra una relevancia especial ya que regula uno de los campos más específicos y de mayor responsabilidad (técnica y social) dentro del proceso constructivo, siendo además de las pocas normas que no fueron anuladas por el Código Técnico. En ella, se nombran y se describen reiteradamente las facultades de aprobación, exigencia y rechazo que la dirección de obra debe realizar durante la ejecución y el control de materiales; sin embargo, es una desconocida en muchos casos, en cuanto a su aplicación práctica se refiere.

Las normas suelen en ciertos casos estar estructuradas de forma que la búsqueda de un concepto hay que hacerlo en varios artículos, siguiendo las referencias cruzadas existentes entre ellos. Este manual no pretende en modo alguno sustituir los procesos de lectura de la instrucción, sino más bien ocupar un puesto como “apunte rápido de consulta” que dilucide en obra los aspectos más importantes contenidos en la misma, relativos estrictamente al acero y al hormigón como materiales (*no se incluyen especificaciones intrínsecas de los áridos, agua, etc...*).

Se ha tratado pues, de efectuar una sinopsis y organización suficientemente reducida con los aspectos constructivos estrictamente normativos en el campo del control, recepción y puesta en obra de estos materiales huyendo de generalidades abstractas, así como de las facetas de cálculo, propias de labores de estudio y no de inspección de obra.

Para su forma de presentación se ha optado por realizarlo en tablas ya que se trata de un formato que facilita la visión global del tema a exponer al tiempo que esboza visualmente la estructuración genérica del texto.

Después de las ediciones realizadas por el COAAT-CC y COAAT-GC se ha decidido llevar a cabo otra edición de este manual, dada las peticiones de interés existentes por distintos técnicos y colectivos.

Manuel Jesús Carretero Ayuso

-Arquitecto Técnico e Ingeniero de Edificación-

Autor (*idea, texto, diseño y fotografías*):

© Manuel Jesús Carretero Ayuso

Registro de la propiedad intelectual: BA.25.03

Edita:

Pasión por los Libros

ISBN: 978-84-15344-61-2

Depósito legal: V-4131-2011

Impreso en España / Printed in Spain

*Reservados todos los derechos.
Queda prohibido la copia, reproducción o utilización
de esta obra sin el consentimiento expreso del autor.*

ÍNDICE

Nº TABLA	TÍTULO DE LA TABLA	PÁG.
TABLA 1	Tipos esenciales de armaduras pasivas	5
TABLA 2	Características de las corrugas en barras corrugadas	
TABLA 3	Identificación gráfica de las barras corrugadas	
TABLA 4	Diámetros nominales de las armaduras pasivas	6
TABLA 5	Datos básicos de las barras corrugadas por diámetros	
TABLA 6	Diferencias entre las barras y los alambres corrugados	7
TABLA 7	Distancias máximas entre armaduras pasivas solapadas	
TABLA 8	Distancia libre mínima entre barras aisladas	8
TABLA 9	Equivalencias entre barras corrugadas	
TABLA 10	Condiciones de colocación de armaduras pasivas	9
TABLA 11	Coeficientes para el cálculo de los anclajes y solapes de barras corrugadas	10
TABLA 12	Posiciones de anclajes de las armaduras pasivas	
TABLA 13	Tipos normalizados de anclajes extremos	11
TABLA 14	Control de calidad del acero	
TABLA 15	Tipificación del hormigón	13
TABLA 16	Clases de exposición ambiental	14
TABLA 17	Elaboración y suministro del hormigón	15
TABLA 18	Entrega y recepción del hormigón de central	16
TABLA 19	Puesta en obra del hormigón	17
TABLA 20	Control de calidad de la resistencia del hormigón	18
TABLA 21	Criterios de “aceptación-rechazo” del hormigón en obra	19
TABLA 22	Documentos del Proyecto	20

ACEROS

TIPOS ESENCIALES DE ARMADURAS PASIVAS				
Tipo de acero	Acabado	Clase de acero	Resistencia	Designación
Barras	Corrugado	Soldable	400	B-400-S
			500	B-500-S
		Soldable-Dúctil	400	B-400-SD
			500	B-500-SD
Alambres	Lisos	Trefilado	500	LB-500T
	Corrugados			B-500-T

TABLA N° 1

Se indican aquí los dos tipos 'base' de acero existentes, a los que se les ha llamado en esta obra "tipos esenciales" de armaduras pasivas. En la Instrucción de Hormigón Estructural hay tres tipos generales, si bien dos de ellos habrán de entenderse como formas de presentación; de hecho, las armaduras básicas electrosoldadas en celosía y las mallas electrosoldadas están constituidas a partir de estos dos tipos esenciales de aceros estructurales.

CARACTERÍSTICAS DE LAS CORRUGAS EN BARRAS CORRUGADAS				
CARA	B-400-S	B-400-SD	B-500-S	B-500-SD
De lectura	Paralelas	Paralelas	Paralelas	Convergentes-divergentes
Posterior	Paralelas	Paralelas	Convergentes-divergentes	Convergentes-divergentes
Separación corrugas (entre caras)	Distinta	Igual	---	(Iguales)

TABLA N° 2

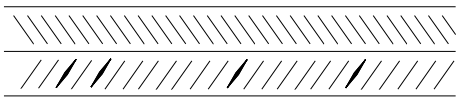
IDENTIFICACIÓN GRÁFICA DE LAS BARRAS CORRUGADAS		
	SOLDABLE	SOLDABLE-DÚCTIL
400 N/mm ²		
500 N/mm ²		

TABLA N° 3

DIÁMETROS NOMINALES DE LAS ARMADURAS PASIVAS				
SERIES	BARRAS <i>(corrugadas)</i>	ALAMBRES		OBSERVA- CIONES
		MALLAS <i>(corrugadas)</i>	CELOSÍAS <i>(lisas o corrugadas)</i>	
SERIE FINA	-	4 (#)	-	<div>(#) <u>Nota:</u> • Los diámetros 4 y 4,5 sólo se podrán utilizar para la realización de los elementos transversales de conexión de las armaduras básicas electrosoldadas en celosías (en caso de forjados unidireccionales –en viguetas–) y el reparto y control de la fisuración superficial (sin que puedan tenerse en cuenta a los efectos de comprobación de estados límite últimos).</div> <div>• No se permite la utilización de los alambres fuera de las mallas electrosoldadas y de las armaduras básicas en celosías.</div>
		4,5 (#)		
		5	5	
		5,5	-	
	6	6	6	
	-	6,5	-	
		7	7	
		7,5	-	
	8	8	8	
	-	8,5	-	
		9	9	
		9,5	-	
SERIE MEDIA	10	10	10	
	-	10,5	-	
		11		
		11,5		
	12	12	12	
	14	14	-	
	16	-		
	20			
25				
SERIE GRUESA	32	-	-	
	40			

TABLA Nº 4

DIÁMETROS	DATOS BÁSICOS DE LAS BARRAS CORRUGADAS POR DIÁMETROS			
	ÁREA (mm ²)	PESO (kg/m)	CAPACIDAD MECÁNICA (KN)	
			B-400 $\gamma_s=1,15$	B-500 $\gamma_s=1,15$
6	28,3	0,22	9,80	12,30
8	50,3	0,40	17,50	21,90
10	78,5	0,62	27,30	34,10
12	113	0,89	39,30	49,10
14	154	1,21	53,60	67,00
16	201	1,58	69,90	87,40
20	314	2,47	109,20	136,50
25	491	3,85	170,10	213,50

TABLA Nº 5



DIFERENCIAS ENTRE LAS BARRAS Y LOS ALAMBRES CORRUGADOS					
CARACTERÍSTICA			BARRA		ALAMBRE
GENERAL	Designación		S		T
	Clase de acero		Soldable		Trefilado
	Fabricación		Laminación en caliente		Laminación en frío
	Nº de caras de corrugas		2		3
	Forma corruga entre campos		Regruesada		Ausencia
	Nº de caras corrugadas		2		3
UTILIZACIÓN		Elementos sueltos	Permitida		Prohibida
		Mallas y celosías	Permitida		Permitida
MECÁNICAS	Límite elástico (f _y) -N/mm ² -		B-400-S	400	500
			B-400-SD		
			B-500-S	500	
			B-500-SD		
	Carga unitaria de rotura (f _s) -N/mm ² -		B-400-S	440	550
			B-400-SD	480	
			B-500-S	550	
			B-500-SD	575	
	Alargamiento en rotura (%)		B-400-S	14	8 además deberá cumplirse A%≥20-0,02f _{yi}
			B-400-SD	20	
			B-500-S	12	
			B-500-SD	16	
	Relación entre f _s / f _y		B-400-S	≥ 1,05	1,03 además deberá cumplirse (f _{si} /f _{yi}) ≥1,05-0,1[(f _{yi} /f _{yk})-1]
			B-400-SD	≥ 1,20 y ≤ 1,35	
			B-500-S	≥ 1,05	
			B-500-SD	≥ 1,15 y ≤ 1,35	
	Ensayo doblado-desdoblado (diámetro máximo de mandril)		B-400-S	Entre 5d y 10d (según diámetros –d–)	8d (donde d es el diámetro nominal del acero)
			B-400-SD		
			B-500-S	Entre 6d y 12d (según diámetros –d–)	
			B-500-SD		
	Límite de fatiga [ΔΦ _D] por adherencia directa -N/mm ² -			Barras: 150	

TABLA Nº 6

DISTANCIAS MÁXIMAS DE SEPARACIÓN ENTRE ARMADURAS PASIVAS SOLAPADAS								
Factor	Ø6	Ø8	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø20	Ø25
4Ø	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4	8,0	10,0

Medidas en centímetros

TABLA Nº 7

DISTANCIA LIBRE MÍNIMA ENTRE BARRAS AISLADAS							
Diámetro	TAMAÑO MÁXIMO DE ÁRIDO						CONDICIONES
	10mm	12mm	15mm	20mm	30mm	40mm	
Ø6	≥2,0			≥2,5	≥3,8	≥5,0	a) 2 centímetros b) el diámetro de la mayor c) 1,25 veces el tamaño máximo del árido; el cual a su vez cumplirá: c.1.) 0,8 dist. libre (>45°) c.2.) 1,25 dist. libre (<45°) c.2.) 0,25 dim. mín. pieza [0,4 en capas de compresión]
Ø8							
Ø10							
Ø12							
Ø14							
Ø16							
Ø20							
Ø25	≥2,5						

Medidas en centímetros

TABLA Nº 8

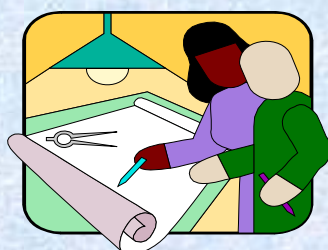
EQUIVALENCIAS ENTRE BARRAS CORRUGADAS								
Nº de barras	DIÁMETROS A SUSTITUIR							
	1r6	1r8	1r10	1r12	1r14	1r16	1r20	1r25
2		2r6	1r6+1r8	1r8+1r10	2r10	1r8+1r14	1r12+1r16	1r16+1r20
			2r8	2r10	1r8+1r12	2r12	2r16	2r20
					2r12	2r14		
3			3r6	1r6+2r8	3 r10	1r8+2r10	1r6+2r14	1r12+2r16
				3r8		3 r10	3r12	3r16
							3 r14	
4				4r6	1r6+3r8	4r8	4r8	1r8+3r14
					4r8		4 r10	4 r14
5					3r6+2r8	2r6+3r8	2r6+3r12	1r8+4r12
								5 r12
Otras combinaciones					6r6	8r6	7r8	7 r10
							12r6	10r8
								18r6

TABLA Nº 9

La razón de que se especifiquen situaciones en las que se indica la sustitución de una barra por un número de barras y después por otras de mayor diámetro por las que pueda sustituirse, es dar la posibilidad de hacer factible la sustitución de un redondo a partir de sumas de barras de igual sección o por combinación de barras inferiores de distinta sección (véase p. ej. la conversión de 1r20 en 3r12, en 3r14 ó 1r16+2r14).

CONDICIONES DE COLOCACIÓN DE ARMADURAS PASIVAS		
GENERALES		<p>1)-En elementos sometidos a flexión, las barras que se doblen deberán ir envueltas en estribos o cercos en la zona del codo.</p> <p>2)-Los estribos de vigas y los cercos de los pilares se sujetarán a las armaduras principales mediante atado (ya sea con puntos de soldadura o con alambre de atar).</p> <p>3)-Debe evitarse el empleo simultáneo de aceros con diferente límite elástico, salvo en aquellos casos en los que no sea posible la confusión entre éstos.</p> <p>4)-Cuando se sitúen en varias capas se alinearán verticalmente una barra sobre otra.</p>
DE SUPERFICIE		<p>1)-Se colocarán exentas de pintura, grasa o cualquier otra sustancia nociva.</p> <p>2)-No presentarán un nivel de óxido que pueda afectar al nivel de adherencia [$<1\%$ del peso de la barra y que la altura de las corrugas cumpla con el artº 31.2 de la EHE (adherencia, condiciones mecánicas mínimas garantizadas y ausencia de fisuras en los ensayos)].</p>
ELABORACIÓN y DISPOSICIÓN	DISTANCIAS Y GRUPOS DE BARRAS	<p>1)-La distancia libre entre barras aisladas será mayor que uno de estos valores:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 2cm b) El \varnothing de la mayor c) 1,25 veces el tamaño máximo del árido. <p>2)-Los grupos de barras estarán formados por 2 ó 3 barras [\varnothing equiv. $<50\text{mm}$]. En piezas hormigonadas en posición vertical hasta 4 barras [\varnothing equiv. $<70\text{mm}$].</p>
	CORTE	Con cizalla o sierra. En puntos con preparación de bordes se realizará con sierra.
	DOBLADO	<p>1)-Se realizará en frío, con dobladoras mecánicas.</p> <p>2)-Los doblados y cuellos de botella de las armaduras de pilares deben de hacerse antes de la colocación en los encofrados.</p> <p>3)-No se admitirá el enderezamiento de codos. Si es imprescindible comprobar que no se producen fisuras.</p> <p>4)-No se efectuarán (en obra) cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C.</p> <p>5)-Los diámetros de doblado no serán inferiores a 10 veces del diámetro de la barra.</p> <p>6)-En estribos el radio de doblado será: $r=30\text{mm}$ ó $r=4\varnothing$ (para $\varnothing<20\text{mm}$) y $r=7\varnothing$ (para $\varnothing\geq 20\text{mm}$); teniendo una longitud de anclaje en cierres por patilla igual a $6\varnothing$ (para barras de $\varnothing\leq 12\text{mm}$) y patilla igual a $12\varnothing$ (para barras $>\varnothing 12\text{mm}$ y $\varnothing\leq 25\text{mm}$).</p>
	ATADO	<p>Con independencia de que el atado se realice con alambre de atar o por soldadura se cumplirá:</p> <p>*Losas y placas: Se atarán siempre todos los cruces de barras del perímetro de los paneles. Cuando las barras de la armadura principal sea $\varnothing\leq 12\text{mm}$ se atarán los cruces interiores alternadamente en dirección X e Y –tresbolillo–. En el caso de que $\varnothing\geq 12\text{mm}$ se podrán distanciar como máximo hasta $50\varnothing$, alternándose también en X e Y.</p> <p>*Pilares y vigas: Las armaduras principales de las esquinas deben atarse en cada cruce con los estribos. El resto de armaduras principales se atará como máximo cada 50 veces su diámetro. Los estribos múltiples formados por estribos simples deben atarse entre sí coincidiendo con cada rama vertical (arriba y abajo).</p> <p>*Muros: Se atarán los cruces en posiciones alternadas.</p>
	SIMPLIFICACIÓN	<p>-Debe procurarse que la longitud total de corte de las barras sea múltiplo de 5.</p> <p>-Es conveniente unificar las longitudes de barras pertenecientes a elementos semejantes que vayan a montarse en el mismo periodo, cuando difieran menos de 20cm.</p>
	TOLE – RANCIAS	<p>-Se aplicarán a las cotas indicadas en los planos.</p> <p>-Los solapes deben figurar en los planos con definición de longitud y posición.</p> <p>-Corte de barras: Para $L\leq 6\text{m}$ ($\pm 20\text{mm}$) y para $L>6\text{m}$ ($+20\text{mm}$ y -30mm).</p> <p>-Radios de doblado: Para barras de $\varnothing\leq 25\text{mm}$ ($\pm 15\text{mm}$) y para $\varnothing>25\text{mm}$ ($\pm 25\text{mm}$).</p>

TABLA Nº 10



COEFICIENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS ANCLAJES Y SOLAPES DE BARRAS CORRUGADAS

Coeficiente 1: ρ

Coeficiente por tipo de posición

Posición	Valor	Tipo de adherencia
I	1,0	Buena adherencia
II	1,4	Mala adherencia

Coeficiente 2 : m

Coeficiente por tipo de acero y hormigón

f_{ck}	B-400-S	B-500-S
25	12	15
30	10	13
35	9	12
40	8	11
45	7	10
50	7	10

Coeficiente 3 : β

Coeficiente por tipo de trabajo y anclaje

Tipo de anclaje		Tracción	Compresión
Prolongación recta		1	1
Patilla, gancho y gancho en U	$r_{nom} > 3\varnothing$	0,7	
	$r_{nom} \leq 3\varnothing$	1	
Barra transversal soldada		0,7	0,7

Coeficiente 4 : α

Coeficiente por porcentaje de barras solapadas

Porcentaje de barras	Tracción		Compresión
	$a \leq 10\emptyset$	$a > 10\emptyset$	
20	1,2	1,0	1
25	1,4	1,1	
33	1,6	1,1	
50	1,8	1,3	
>50	2,0	1,4	

Coeficiente 5 : Δ

Coeficiente por cuantía de acero existente

Coeficiente igual al cociente entre A_s y $A_{s,real}$

TABLA Nº 11

POSICIONES DE ANCLAJE DE LAS ARMADURAS PASIVAS

POSICIÓN I	Armaduras que durante el hormigonado formen con la horizontal un ángulo comprendido entre 45° y 90° o que en el caso de formar un ángulo inferior a 45°, están situadas en la mitad inferior de la sección o a una distancia igual o mayor a 30cm de la cara superior de una capa de hormigonado.
POSICIÓN II	Aquellas armaduras que durante el hormigonado no se encuentran en ninguno de los casos anteriores. Esta posición es de adherencia deficiente.

TABLA Nº 12

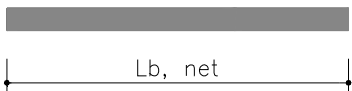
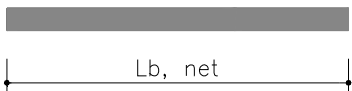
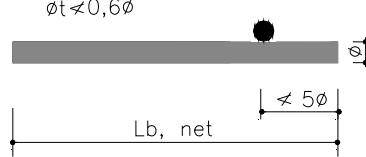
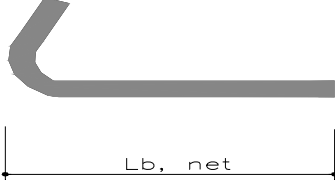
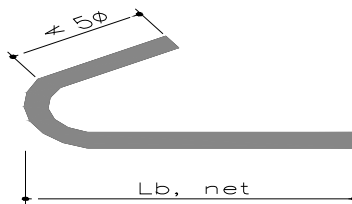
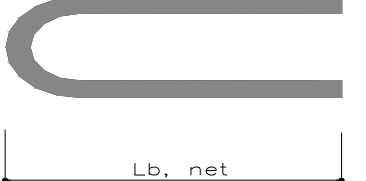
TIPOS NORMALIZADOS DE ANCLAJES EXTREMOS		
	PROLONGACIÓN RECTA	BARRA TRANSVERSAL SOLDADA
		
		
PATILLA	GANCHO	GANCHO EN U

TABLA Nº 13

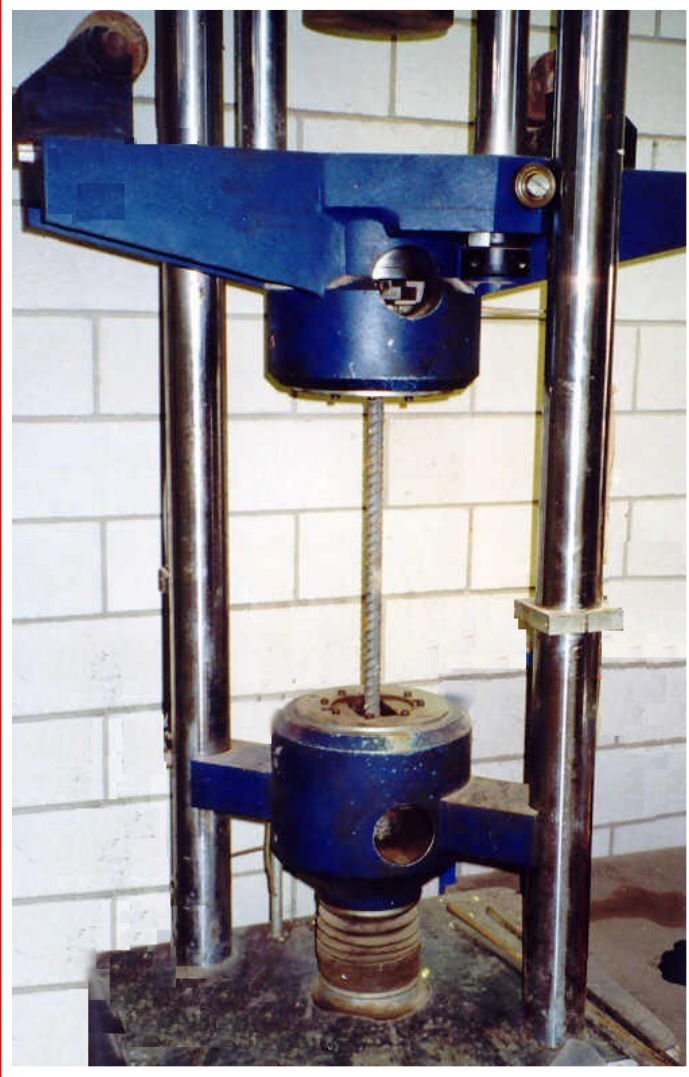
CONTROL DE CALIDAD DEL ACERO			
GENERALIDADES		<p>*Partida: Material de la misma designación suministrado de una vez y compuesto de elementos del mismo o de diferentes diámetros.</p> <p>Las partidas deberán llegar necesariamente acompañadas del certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física (comprendiendo: Designación comercial, fabricante, marcas de identificación, diámetro nominal, tipo de acero, condiciones técnicas de suministro, recomendaciones para su empleo y las características mecánicas, geométricas, de soldabilidad y de adherencia garantizadas).</p> <p>*Lote: Subdivisión de una partida, o del material existente en obra o taller en un momento dado, y que se juzga a efectos de control de forma indivisible.</p>	
CONTROL	Nivel Reducido		<p>-Será sólo aplicable para armaduras pasivas certificadas, cuando el consumo de acero en la obra es muy reducido o cuando haya dificultades para realizar ensayos completos sobre el material. La resistencia de cálculo será $f_{yd}=0,75 \times (f_{yk}/\gamma_s)$.</p> <p>-El control consiste en realizar dos comprobaciones de la sección equivalente por cada partida de material suministrado a obra –antes del hormigonado–, así como verificar que no se formen grietas o fisuras en las zonas de doblado y ganchos de anclaje, mediante inspección en obra.</p>
	Lotes		Las series –a efectos de control– serán: Fina ($\leq \varnothing 10$), Media ($\geq \varnothing 12$ y $\leq \varnothing 25$) y Gruesa ($\geq \varnothing 32$)
	Productos Certificados		<p>Las armaduras se dividirán por fabricante, tipo de acero y serie por cada 40 toneladas o fracción. Los resultados del control deben ser conocidos antes de la puesta en uso de la estructura.</p> <p>Por cada lote</p> <p>Por cada diámetro, tipo de acero y suministrador</p> <p>Se tomarán dos probetas por cada lote, comprobando: S.E. , C.G. y D.D.</p> <p>-En dos ocasiones se comprobará: L.E. , C.R. y A.R.</p> <p>-En mallas electrosoldadas: 2 ensayos por cada \varnothing principal + ensayo de A.N.</p> <p>-Si hay empalmes por soldadura: Se comprobará además la S.</p>
	Productos No Certificados		<p>Las armaduras se dividirán por fabricante, tipo de acero y serie por cada 20 toneladas o fracción. Los resultados del control deben ser conocidos antes del hormigonado de la parte de obra correspondiente.</p> <p>Por cada lote</p> <p>Por cada diámetro, tipo de acero y suministrador</p> <p>Se tomarán dos probetas por cada lote, comprobando: S.E. , C.G. y D.D.</p> <p>-En dos ocasiones se comprobará: L.E. , C.R. y A.R.</p> <p>-En mallas electrosoldadas: 2 ensayos por cada \varnothing principal + ensayo de A.N.</p> <p>-Si hay empalmes por soldadura: Se comprobará además la S.</p>

C.G.= Características Geométricas
A.N.= Arrancamiento de nudo soldado
A.R.= Alargamiento en rotura

S.E.= Sección equivalente
C.R.= Carga de rotura
D.D.= Doblado-desdoblado

L.E.= Límite Elástico
S.= Soldabilidad

TABLA Nº 14



HORMIGONES

TIPIFICACIÓN DEL HORMIGÓN														
TIPO		H		M					en Masa					
				A					Armado					
				P					Pretensado					
RESISTENCIA	Tipo	Clases generales de exposición							Clases específicas de exposición					
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
	M	20	--	--	--	--	--	--	30	30	35	30	30	30
	A	25	25	30	30	30	35	30	30	30	35	30	30	30
	P	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30
CONSISTENCIA		S			Seca				0-2 cm			±0 cm		
		P			Plástica				3-5 cm			±1 cm		
		B			Blanda				6-9 cm			±1 cm		
		F			Fluida				10-15 cm			±2 cm		
T. MÁXIMO DEL ÁRIDO		(5) / (10) (20) / (40)			Designación y tamaño según en 28.2, las condiciones físico-químicas según 28.3.1, las condiciones físico-mecánicas de 28.3.2 y la granulometría conforme la figura 28.3.3 de la EHE.									
CLASE DE EXPOSICIÓN AMBIENTAL		GENERAL		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV				
		ESPECÍFICA		Qa	Qb	Qc	H	F	E					

TABLA Nº 15



CLASES DE EXPOSICIÓN AMBIENTAL								
CLASE		SUBCLASE	DESIG- NACIÓN	PROCESO	DESCRIPCIÓN			
CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN	NO AGRESIVA		I	NINGUNO	-Interiores de edificios, no sometidos a condensaciones. -Elementos de hormigón en masa.	PROCESOS DE CORROSIÓN DE LAS ARMADURAS. Cada elemento estructural estará sometido a una única clase o subclase general de exposición		
	NORMAL	HUMEDAD ALTA	IIa	CORROSIÓN DE ORIGEN DIFERENTE DE LOS CLORUROS	-Interiores con Hr>65% o condensaciones. -Exteriores con ausencia de cloruros expuestos a lluvia con precipitación media anual superior a 600mm. -Elementos enterrados o sumergidos			
		HUMEDAD MEDIA	IIb		-Exteriores con ausencia de cloruros sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600mm.			
	MARINA	AÉREA	IIIa	CORROSIÓN POR CLORUROS	-Elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar. -Elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5km).			
		SUMERGIDA	IIIb		-Elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar.			
		EN ZONA DE MAREAS	IIIc		-Elementos de estructuras marinas situadas en la zona de carrera de mareas.			
	CON CLORUROS DE ORIGEN DIFERENTE AL MEDIO MARINO		IV		-Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino. -Superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas.			
	CLASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN	QUÍMICA AGRESIVA	DÉBIL	Qa	ATAQUE QUÍMICO		-Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta.	PROCESOS DE DEGRADACIÓN DEL HORMIGÓN. Un elemento puede tener ninguna, una o varias clases específicas de exposición.
			MEDIA	Qb			-Elementos en contacto con agua de mar. -Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media.	
			FUERTE	Qc			-Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida.	
CON HELADAS		SIN SALES FUNDENTES	H	ATAQUE HIELO-DESHIELO	-Elementos situados en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5°C.			
		CON SALES FUNDENTES	F	ATAQUE POR SALES FUNDENTES	-Elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0°C.			
EROSIÓN		E	ABRASIÓN CAVITACIÓN	-Elementos sometidos a desgaste superficial. -Elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua.				

TABLA Nº 16

ELABORACIÓN Y SUMINISTRO DEL HORMIGÓN																		
DOSIFICACIÓN	Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón		CLASE DE EXPOSICIÓN														
				I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E		
	Mínimo contenido cemento (Kg/m³)	Sin adiciones	Masa	200	-	-	-	-	-	-	275	300	325	275	300	275		
			Armado	250	275	300	300	325	350	325	325	350	350	320	325	300		
		Con adiciones en el hormigón	No será inferior a 200kg/m³ (en masa) o a 250kg/m³ (armado) si se utilizan cenizas volantes (K<0,30) o humo de sílice (K≤2 [ó igual a 1 para clases de exposición H y F y relaciones a/c>0,45]).															
	Máximo contenido en cemento		400kg por metro cúbico. En casos excepcionales se podrá superar dicho límite, previa justificación experimental y autorización expresa de la Dirección Facultativa															
	Máxima relación a/c	Masa	0,65	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50			
		Armado		0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50									
	Áridos	(en peso)		Deberá componerse de al menos 2 fracciones granulométricas para tamaño máximo de árido 20mm y de 3 para tamaños máximos superiores														
	Agua	(en peso o volumen)		Además del añadida directamente (tolerancia ±1%) se tendrá en cuenta la humedad de los áridos, los restos de la amasadora y el que aporten los aditivos. Cumplirá los límites del artículo 27º de la EHE.														
AMASADO, TRANSPORTE Y RECEPCIÓN			Amasado	Se realizará en amasadora fija, móvil o por combinación de ambas. En cualquier caso, este proceso se hará antes del transporte del hormigón.														
			Transporte	-El tiempo desde el inicio del amasado a la puesta en obra debe ser menor a 1hora y media (menor duración en tiempo caluroso), manteniéndose siempre la velocidad de agitación. -No se transportará más de 2/3 (67%) del volumen del tambor cuando se amase durante el transporte o de un 80% cuando se amase totalmente en central. -El camión hormigonera dispondrá de una placa metálica indicando el volumen total del tambor, su capacidad máxima en términos de hormigón amasado, velocidad máxima de rotación y velocidad mínima de rotación.														
			Designación y entrega	El hormigón podrá designarse por propiedades o dosificación indicando sus componentes, tipificación y características. Deberá aportarse todos los datos que se le exige cumplimentar a la hoja de suministro (según artº 69.2.9.1 de la EHE).														
			Recepción	-Deberá llevarse control documental de las amasadas (ver las hojas de suministro) -Queda totalmente prohibida la adicción de cualquier cantidad de agua. -En caso de que el cono de Abrams sea menor al especificado, se podrá adicionar un aditivo fluidificante mediante el equipo dosificador del camión hormigonera (con tiempo de amasado mayor a 5 minutos o a 1min/m³).														

TABLA Nº 17



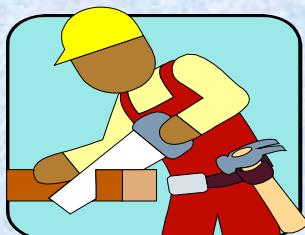
ENTREGA Y RECEPCIÓN DEL HORMIGÓN DE CENTRAL				
HOJA DE SUMINISTRO	DATOS GENERALES		<div>-Nombre de la central.</div> <div>-Número de serie de la hoja de suministro.</div> <div>-Fecha de entrega.</div> <div>-Nombre del peticionario</div> <div>-Nombre del responsable de la recepción.</div>	
	ESPECIFICACIÓN DEL HORMIGÓN	DESIGNACIÓN	Por Propiedades	<div>-Designación según la tipificación: T-R/C/TM/A</div> <div>-Contenido de cemento por metro cúbico de hormigón (con tolerancia de $\pm 15\text{kg}$).</div> <div>-Relación agua/cemento del hormigón (con tolerancia de $\pm 0,02$).</div>
			Por Dosificación	<div>-Contenido de cemento por metro cúbico de hormigón.</div> <div>-Relación agua/cemento del hormigón (con tolerancia de $\pm 0,02$).</div> <div>-Tipo de ambiente de acuerdo con la tabla 8.2.2 de la EHE.</div>
		CONTENIDO Y CONSISTENCIA		<div>-Tipo, clase y marca del cemento.</div> <div>-Consistencia.</div> <div>-Tamaño máximo del árido</div> <div>-Tipo de aditivo si lo hubiere, o indicación expresa de que no contiene ninguno.</div> <div>-Tipo y cantidad de las adiciones si las hubiere, o indicación expresa de que no contiene.</div>
	DATOS PARTICULARES		<div>-Designación específica del lugar del suministro (nombre y lugar).</div> <div>-Cantidad de hormigón que compone la carga, expresada en m^3 de hormigón fresco.</div> <div>-Identificación del camión hormigonera y de la persona que procede a la descarga.</div> <div>-Hora límite de uso para el hormigón.</div>	
	CONTRACTUALES		<div>-No se permitirá la utilización del hormigón sin la existencia de estas hojas de suministro.</div> <div>-Deberán ir firmadas necesariamente por persona física.</div> <div>-Serán archivadas por el constructor y permanecer a disposición de la D.F.</div> <div>-Se realizará el control documental de todas las amasadas del hormigón de la obra mediante el seguimiento de estas hojas.</div>	
RESTO DE DOCUMENTACIÓN	ENSAYOS DE DURABILIDAD		SE REALIZAN	<div>*Previo al inicio de la obra se realizará el ensayo de profundidad de penetración de agua con la misma dosificación de hormigón que se va a emplear en obra; obligatorio sólo cuando las clases generales de exposición sean III ó IV, o cuando el ambiente presente cualquier clase específica de exposición.</div>
			NO SE REALIZAN	<div>*Este ensayo no hará falta realizarse si lo exime la D.F. y el suministrador (antes del inicio de la obra) presenta una documentación consistente en:</div> <div>-Composición de las dosificaciones a emplear en la obra.</div> <div>-Identificación de las materias primas que constituyen el hormigón.</div> <div>-Copia del informe con los resultados del ensayo de profundidad de penetración de agua realizado por laboratorio reconocido (realizado en los 6 últimos meses).</div> <div>-Materias primas y dosificaciones empleadas para las probetas utilizadas en los ensayos.</div>
	HORMIGÓN PREPARADO		La central de hormigón, cuando no pertenezca a las instalaciones propias de la obra, estará inscrita en el Registro Industrial (Título 4º de la Ley 21/1992) y Real Decreto 697/1995.	

TABLA Nº 18



PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN	
COLOCACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> -No se tolerará la colocación de masas disgregadas o que acusen principio de fraguado. -No se efectuará el hormigonado hasta tener la conformidad de la Dirección Facultativa. -El espesor de las tongadas será entre 30 y 60cm (indicativo) -Altura de caída libre inferior a 2m.
COMPACTACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> -El proceso de compactación deberá prolongarse hasta que refluya la pasta a la superficie y deje de salir aire. No se admitirá el revibrado salvo aprobación específica de la Dirección Facultativa. -Se adecuará el tipo de compactación al tipo de consistencia: <ul style="list-style-type: none"> Consistencia Seca → Vibrado enérgico Consistencia Plástica → Vibrado normal Consistencia Blanca → Vibrado normal o picado con barra Consistencia Fluida → Picado con barra
JUNTAS DE HORMIGONADO	<ul style="list-style-type: none"> -Deberán estar previstas, en general, en el proyecto; y si no, aprobadas por la Dirección Facultativa. -Se situarán en dirección perpendicular a las tensiones de compresión y alejadas de zonas muy traccionadas, dándole la forma más adecuadas para una buena unión. -Se examinarán por la Dirección Facultativa antes de realizar la segunda fase, retirándose la capa superficial de mortero, dejando los áridos al descubierto y limpiando toda la junta.
HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO	<ul style="list-style-type: none"> -La temperatura de la masa de hormigón en el momento de verterla no será inferior a 5°C. -La temperatura de armaduras y moldes no será inferior a 0°C. -Podrán adoptarse en la dosificación de los hormigones: mayores contenidos de cemento, relaciones agua/cemento lo más bajas posible y/o utilizar cementos de mayor categoría resistente. -Se suspenderá el hormigonado cuando se prevea $t^a < 0^{\circ}\text{C}$ dentro de las 48 horas siguientes; pudiéndose utilizar aditivos anticongelantes si existe la autorización expresa de la Dirección Facultativa. -Con riesgos de heladas se protegerá al hormigón (mediante cobertura o aislamiento)
HORMIGONADO EN TIEMPO CALUROSO	<ul style="list-style-type: none"> -Se evitará la desecación del hormigón colocado en obra por efecto del sol y del viento. -Si la temperatura ambiente es mayor a 40°C o hay viento excesivo se suspenderá el hormigonado, salvo si se adoptan medidas especiales autorizadas expresamente por la Dirección Facultativa.
CURADO	<ul style="list-style-type: none"> -Podrá realizarse mediante riego directo que no produzca deslavado, mediante recubrimientos plásticos, materiales humedecidos (arpilleras, arena...) o productos de curado (filmógenos) que no contengan sustancias nocivas para el hormigón.
DESCIMBRADO Y DESENCOFRADO	<ul style="list-style-type: none"> -Los costeros, fondos y cimbras se retirarán sin producir sacudidas ni choques a la estructura. -No se realizarán hasta que se haya alcanzado la resistencia necesaria y sin deformaciones excesivas. -Con la utilización de procedimientos de curado acelerado se podría disminuir los periodos previstos.
ACABADO DE SUPERFICIES	<ul style="list-style-type: none"> -Las superficies vistas no presentarán coqueras o irregularidades que perjudiquen al comportamiento de la obra o a su aspecto exterior.

TABLA Nº 19



CONTROL DE CALIDAD DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN		
ENSAYOS PREVIOS		<p>-Se realizarán antes de comenzar el hormigonado de la obra cuando la dosificación a utilizar se haya establecido para ese caso concreto.</p> <p>-Su objeto es establecer la dosificación que habrá de emplearse teniendo en cuenta los materiales disponibles, los aditivos y las condiciones de ejecución previstas.</p> <p>-Se fabricarán al menos 4 series de probetas de 2 probetas cada una, por tipo de dosificación.</p> <p>-El valor de resistencia media f_{cm} deberá superar el valor del proyecto f_{ck} con margen suficiente. Se cumplirá que: $f_{ck} \leq f_{cm}(1-1,64\delta)$</p>
ENSAYOS CARACTERÍSTICOS		<p>-Si existe experiencia de uso de materiales y dosificación, pero los medios de producción son nuevos, procede realizar simplemente estos ensayos.</p> <p>-Se realizarán antes del hormigonado.</p> <p>-Tienen por objeto comprobar la idoneidad de la dosificación que se va utilizar y el proceso de fabricación a emplear para conseguir la resistencia característica real del hormigón a colocar en obra.</p> <p>-Se fabricarán al menos 6 series de probetas de 2 probetas cada una, por cada tipo de dosificación.</p> <p>- Se obtendrá: $X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_6$; verificándose que: $X_1 + X_2 - X_3 \geq f_{ck}$</p>
ENSAYOS DE CONTROL	Reducido	<p>-Consiste en la medición de la consistencia del hormigón según especificaciones del Pliego de Prescripciones Técnicas, las indicadas por la D.F. con al menos 4 determinaciones al día.</p> <p>-Se utilizará sólo en obras de pequeña importancia, de menos de 6m de luz, etc..</p> <p>-La resistencia de cálculo a compresión será $f_{cd} \leq 10N/mm^2$; no permitiéndose en las clases III y IV.</p>
	100 por 100	<p>-Se verificará que $f_{c,real} = f_{est}$, de tal forma que el valor de la resistencia característica real corresponde al cuantil del 5 por 100 de la función de distribución de la población objeto de control.</p> <p>-De aplicación en cualquier obra, pero no se suele utilizar dada la complejidad que requiere.</p> <p>-Se realiza determinando la resistencia de todas las amasadas.</p>
	Estadísticos	<p>-De aplicación general, para lo cual se dividirá la obra en lotes con límites inferiores a la tabla 88.4.a de la EHE. Cada lote cumplirá: $N \leq 2$ ($f_{ck} \leq 25N/mm^2$); $N \geq 6$ ($f_{ck} > 35N/mm^2$) y $N \geq 4$ para el resto.</p> <p>-Para $N < 6$ la resistencia estimada valdrá: $f_{est} = K_N \cdot X_1$</p> <p>-Cada lote pertenecerá a un mismo suministrador, estará elaborado con las mismas materias primas y con la misma dosificación nominal.</p> <p>-Al principio de la obra el suministrador de hormigón indicará su clasificación.</p> <p>-Para aplicar un K_N el recorrido relativo de las series que forman el lote deberán cumplir el recorrido máximo de la clase indicada por el suministrador; en caso contrario, se desclasificará dicho lote, aplicándose el K_N de la clase cuyo recorrido satisfaga.</p>
	Aceptabilidad	<p>-Cuando un lote cumpla $f_{est} \geq f_{ck}$ el lote se aceptará automáticamente.</p> <p>-Cuando un lote cumpla que $f_{est} < f_{ck}$ y también que $f_{est} \geq 0,9f_{ck}$ el lote se aceptará a falta de una previsión explícita en el P.P.T.P. y sin perjuicio de las sanciones contractuales previstas.</p> <p>-Cuando $f_{est} < 0,9f_{ck}$ se procederá a realizar los estudios y/o ensayos que procedan o decidan (ensayos de información complementaria para determinar los valores de resistencia reales, recálculo para estimar la variación del coeficiente de seguridad o ensayos de pruebas de carga).</p>
ENSAYOS DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA		<p>-Tienen la misión de estimar la resistencia del hormigón en una parte de la obra determinada, bien sea por una baja resistencia, una patología determinada o para conocer algún otro aspecto de puesta en obra.</p> <p>-Pueden consistir en la fabricación de probetas de hormigón fresco sin métodos de conservación normalizados, extracción de probetas testigo, índice de rebote o velocidad de propagación de ultrasonidos (correlacionados con probetas testigo).</p>

TABLA Nº 20

CRITERIOS DE "ACEPTACIÓN-RECHAZO" DEL HORMIGÓN DE OBRA

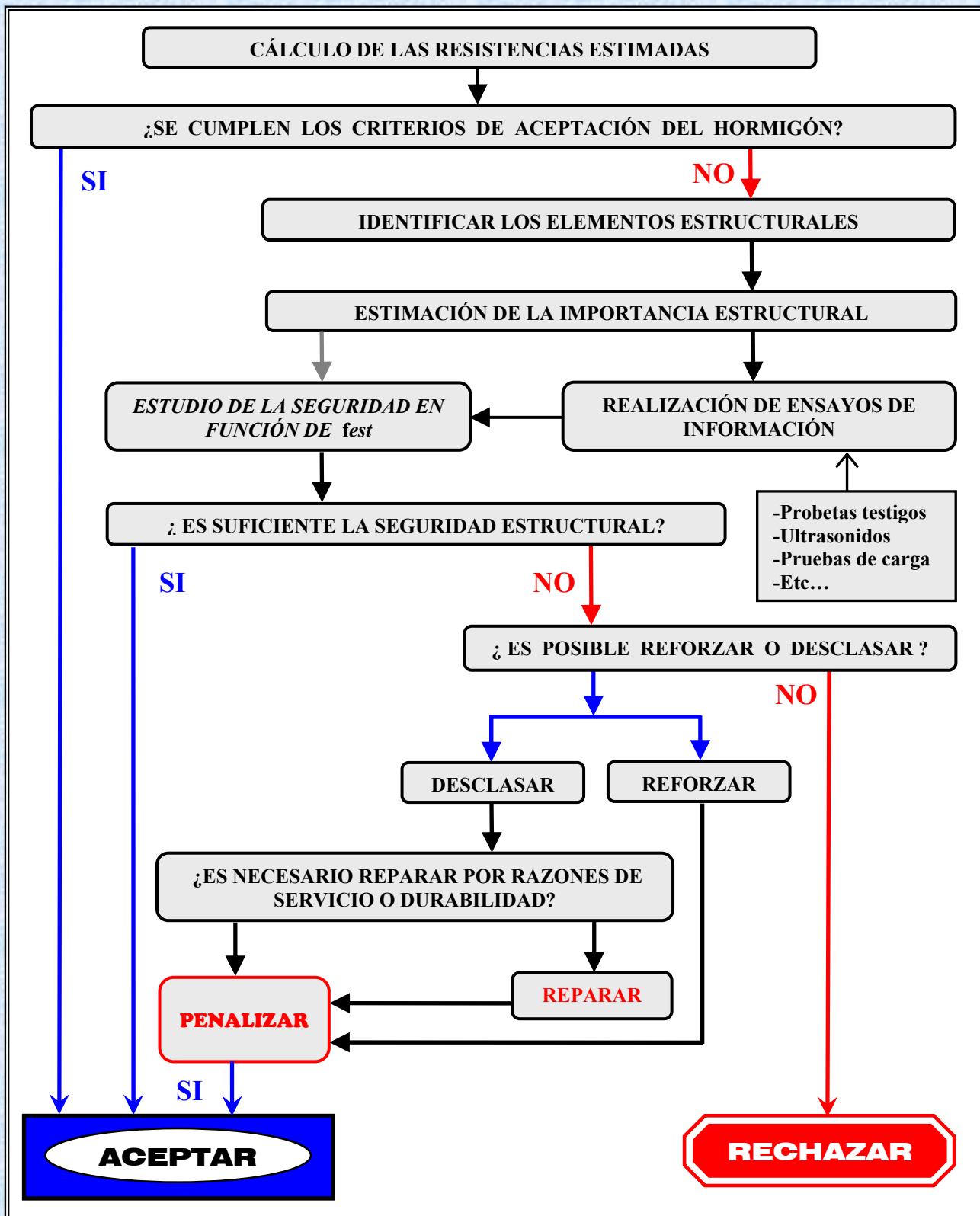


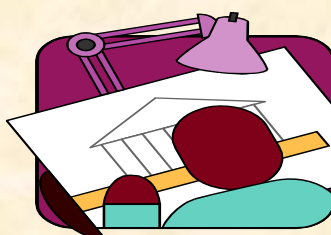
TABLA Nº 21

Este gráfico pretende ser una ayuda a los técnicos para que tengan una ruta por la que guiarse en la aceptación o no de los resultados de los hormigones. El valor de la rotura de una serie de probetas perteneciente a una zona cualquiera de la obra no debe de ser comparado directamente con el valor de proyecto, si no que deberá de hacerse calculando la resistencia estimada de cada uno de los lotes que conforman el elemento (para ello hay que multiplicar el menor valor de las dos series en cuestión por el coeficiente K_N). Si se quiere profundizar más sobre este aspecto, el autor del presente manual tiene publicados distintos artículos sobre la forma de entender los resultados y la manera práctica de llevarlo a cabo en las obras.

Documentos del Proyecto

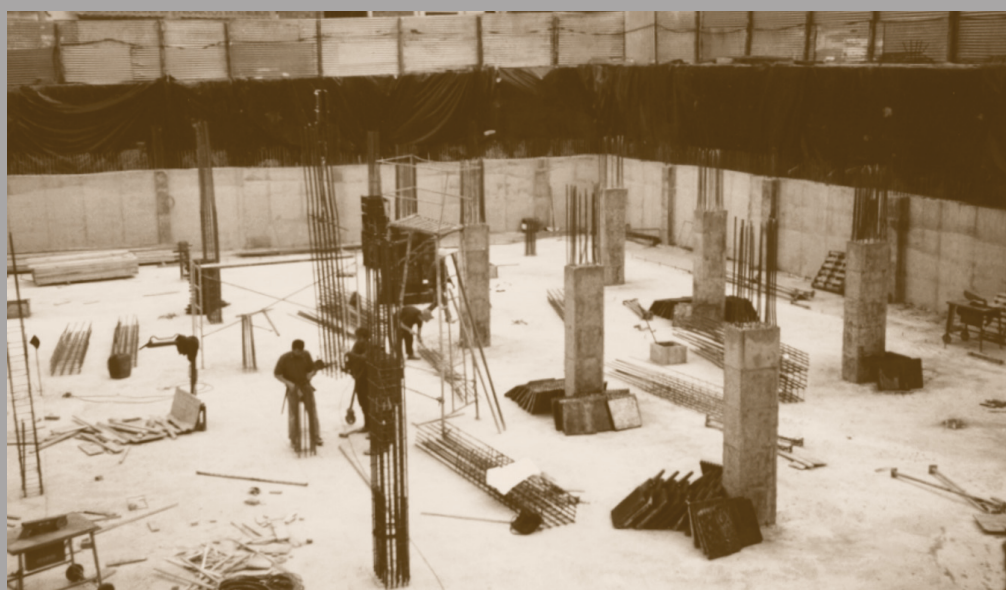
MEMORIA	GENERAL		-Justificación técnica y económica de la solución adoptada. -Se indicarán los datos previos, métodos de cálculo, modalidades de control y ensayos a efectuar.
	ANEJOS	Geotécnico	-Estudio del terreno de cimentación. -Ensayos realizados en los materiales.
		De cálculo	-Simplificaciones efectuadas. -Características mecánicas de las secciones. -Tipos de conexiones en nudos y de sustentación. -Características resistentes y de deformación de los materiales y del terreno. -Acciones y coeficientes de seguridad considerados. -Especificación del tipo de análisis (estático/dinámico, lineal/no lineal....).
		Programa informático	-Identificación (título, versión y fecha). -Nombres (titulación autores y razón social). -Campo de aplicación. -Criterios de notación, unidades y signos.
PLANOS	-La unidad de acotación de medida será el metro (con apreciación de 2 cifras decimales), excepto en armaduras y tuberías que serán en mm. -Definición y acotación suficiente para ser posible la medición por deducción directa. -Detalles necesarios (en especial apoyos y enlaces). -Indicación de contraflechas (en su caso). -Cuadro de la tipificación de los hormigones. -Características de los aceros empleados.		
PLIEGO	PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES		-Características de los materiales (tipificaciones y clases). -Referencias a reglamentos y normas. -Modalidades del control de materiales y ejecución -Se deberá adoptar y definir un sistema de tolerancias dimensionales de los elementos terminados (en aspectos resistentes, estéticos y funcionales), quedando establecidas las decisiones y sistemática a seguir en caso de incumplimientos (artº 96º de la EHE). -Procedimientos de ensayo y medición para materiales con características especiales; y en su caso proceso de ejecución en obra. -Formas de valoración y medición de las distintas unidades de obra.
PRESUPUESTO	COSTES DIRECTOS		-Mano de obra (pluses, cargas y seguros) -Materiales (a pie de obra) -Gastos (maquinaria e instalaciones, personal, etc....)
	COSTES INDIRECTOS		-Instalación de oficinas, almacenes talleres, personal adscrito a la obra, coste del control según la modalidad
MODIFICACIONES	-Las modificaciones experimentadas durante la ejecución se rectificarán antes de realizar éstas, cuantas veces sea necesario (cálculos, planos, etc...) -Indicación de la fecha de expedición y estampación de la palabra “anulado” en los documentos no válidos.		
FINAL DE OBRA	La Dirección Facultativa entregará a la propiedad la siguiente documentación: -Memoria que recoja las incidencias principales de la ejecución -Juego de planos que reflejen el estado actual de la obra -Demostración documental de que se han cumplido las especificaciones del control de materiales y el control de ejecución previstos.		

TABLA N° 22





ISBN 978-84-15344-61-2



 **pasionporloslibros**

www.pasionporloslibros.es