

ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

Fichas

D13 Departamento de Ingeniería Civil,
de Materiales y Fabricación



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Curso
2018-19

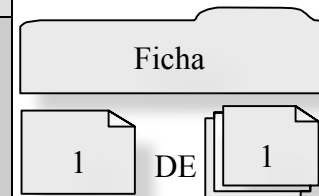


Miguel Troyano Moreno

Escuela de Ingenierías Industriales

Universidad de Málaga

	ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO
	Índice



- 1: Tipo de ambiente
- 2: Hormigones
- 3: Armaduras
- 4: Disposición general de armaduras
- 5: Seguridad
- 6: Cuantías límites
- 7: Solicitaciones normales. Diagramas de flujo
- 8: Cortante
- 11: Ejecución
- 12: Control del hormigón



Tipo de ambiente

Clase general de exposición				Descripción	Ejemplos
Clase	Subclase	Designación	Tipo de ataque		
No agresiva		I	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios, sin condensaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores protegidos de la intemperie
Normal	Humedad alta	II a	Corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores con humedad relativa >65%, o con condensaciones • Exteriores sin cloruros, expuestos a lluvia, con precipitación media anual >600 mm • Elementos enterrados o sumergidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sótanos no ventilados • Cimentaciones • Tableros y pilas de puentes en esas zonas • Cubiertas de edificios
	Humedad media	II b		<ul style="list-style-type: none"> • Exteriores sin cloruros, expuestos a lluvia, con precipitación media anual <600 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Construcciones exteriores protegidas de la lluvia • Tableros y pilas de puente en esas zonas
Marina	Aérea	III a	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de estructuras marinas por encima del nivel de pleamar • Elementos exteriores de estructuras a menos de 5 km de la línea costera 	<ul style="list-style-type: none"> • Edificaciones cerca de la costa • Puentes cerca de la costa • Partes aéreas de diques, pantalanos y otras defensas litorales • Instalaciones portuarias
	Sumergida	III b		<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente por debajo del nivel mínimo de bajamar 	<ul style="list-style-type: none"> • Partes sumergidas de diques, pantalanos y otras defensas litorales • Cimentaciones y partes sumergidas de pilas de puentes en el mar
	En zona de mareas	III c		<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de estructuras marinas en la zona de carrera de mareas 	<ul style="list-style-type: none"> • Partes en el recorrido de marea de diques, pantalanos y otras defensas litorales • Partes de pilas de puentes sobre el mar, en el recorrido de marea
Con cloruros de origen no marino		IV		<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua de elevado contenido de cloruros, sin relación con el mar • Superficies no impermeabilizadas expuestas a sales de deshielo 	<ul style="list-style-type: none"> • Piscinas • Pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve • Estaciones de tratamiento de agua

TABLA 3.2-1: Clases generales de exposición



Tipo de ambiente

Clase específica de exposición				Descripción	Ejemplos
Clase	Subclase	Designación	Tipo de ataque		
Química agresiva	Débil	Qa	Ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> Elementos situados en ambientes con contenido de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (ver tabla 3.2-3) 	<ul style="list-style-type: none"> Instalaciones industriales, con sustancias débilmente agresivas según tabla 3.2-3. Construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad débil según tabla 3.2-3.
	Mediana	Qb		<ul style="list-style-type: none"> 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 (ver tabla 3.2-3) 	<ul style="list-style-type: none"> Dolos, bloques y otros elementos para diques. Estructuras marinas en general. Instalaciones industriales, con sustancias de agresividad media según tabla 3.2-3. Construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad media según tabla 3.2-3. Instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad media según tabla 3.2-3.
	Fuerte	Qc		<ul style="list-style-type: none"> Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (ver tabla 3.2-3) 	<ul style="list-style-type: none"> Instalaciones industriales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 3.2-3. Instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 3.2-3.
Con heladas	Sin sales fundentes	H	Ataque hielo-deshielo	<ul style="list-style-type: none"> 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 -5C° 	<ul style="list-style-type: none"> Construcciones en zonas de alta montaña. Estaciones invernales.
	Con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> Tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña.
Erosión		E	Abrasión cavitación	<ul style="list-style-type: none"> Elementos sometidos al desgaste superficial. Elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> Pilas de puentes en cauces muy torrenciales. Elementos de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral que se encuentren sometidas a fuertes oleajes. Pavimentos de hormigón. Tuberías de alta presión.

TABLA 3.2-2: Clases específicas de exposición

**Tipo de ambiente**

Tipo de medio agresivo	Parámetros	Tipo de exposición		
		Qa	Qb	Qc
		Ataque débil	Ataque medio	Ataque fuerte
Agua	Valor del pH	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
	CO ₂ agresivo (mg CO ₂ /l)	15 - 40	40 - 100	> 100
	Ión amonio (mg NH ₄ ⁺ /l)	15 - 30	30 - 60	> 60
	Ión magnesio (mg Mg ²⁺ /l)	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
	Ión sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /l)	200 - 600	600 - 3000	> 3000
	Residuo seco (mg /l)	75 - 150	50 - 75	< 50
Suelo	Grado de acidez (Baumann-Gully)	> 20	❶	❶
	Ión sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /kg de suelo seco)	2000 - 3000	3000 - 12000	> 12000

❶ Estas condiciones no se dan en la práctica

TABLA 3.2-3: Clasificación de la agresividad química



Designación:

T-R / C / TM / A

- HM: Hormigón en masa.
- HA: Hormigón armado.
- HP: Hormigón pretensado.

Tipo de ambiente (ver Ficha01)

Tamaño máximo del árido en mm

Resistencia característica especificada, en N/mm².
Según la serie:
20 (solo hormigón en masa); 25; 30; 35; 40; 45;
50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 100.

Letra indicativa del tipo de consistencia:

Consistencia	Asiento en cono de Abram [cm]	Tolerancia
Seca (S)	0-2	0
Plástica (P)	3-5	±1
Blanda (B)	6-9	±1
Fluida (F)	10-15	±2
Líquida (L)	16-20	±2

□ resistencia media a compresión: $f_{cm} = f_{ck} + 8$

Resistencia a tracción:

□ resistencia media a tracción: $f_{ct,m} = 0,30 \sqrt[3]{f_{ck}^2}$ para $f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$

$f_{ct,m} = 0,58 \sqrt[2]{f_{ck}}$ para $f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$

□ resistencia característica inferior a tracción (correspondiente al cuantil del 5%): $f_{ct,k} = 0,70 f_{ct,m}$

□ resistencia media a flexotracción (función del canto total del elemento h en mm.):

$$f_{ct,m,fl} = \text{máx} \left\{ \left(1,6 - \frac{h}{1.000} \right) f_{ct,m} ; f_{ct,m} \right\}$$

Módulo de deformación:

➤ Secante: $E_{cm} = 8.500 \sqrt[3]{f_{cm}}$

siempre que las tensiones, en condiciones de servicio, no superen el valor de $0,40 f_{cm}$, siendo f_{cm} la resistencia media a compresión del hormigón a 28 días de edad.

➤ Inicial (tangente en el origen): $E_c = \underbrace{\left(1,30 - \frac{f_{ck}}{400} \right)}_{\beta_r \leq 1,175} E_{cm}$

$$\beta_{cc} = \text{Exp} \left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0,2} \right] \right\}$$

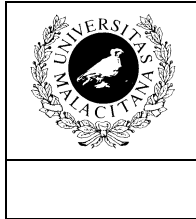
$$s = \begin{cases} 0,2 & \text{cementos de alta resistencia y endurecimiento rápido (42,5R y 52,5R)} \\ 0,25 & \text{cementos normales y endurecimiento rápido (32,5R y 42,5)} \\ 0,38 & \text{cementos de endurecimiento lento (32,5)} \end{cases}$$

Variación temporal: valor a la edad de j días

➤ Resistencia a compresión: $f_{cm}(t) = \beta_{cc} f_{cm}$

➤ Resistencia a tracción: $f_{ct,m}(t) = \beta_{cc}^\alpha f_{ct,m}$ con $\alpha = \begin{cases} 1 & \text{si } t < 28 \text{ días} \\ 2/3 & \text{si } t \geq 28 \text{ días y } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2 \\ 1/2 & \text{si } t \geq 28 \text{ días y } f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2 \end{cases}$

➤ Módulo de deformación: $E_{cm}(t) = \beta_{cc}^{0,3} E_{cm}$



Dosificación:

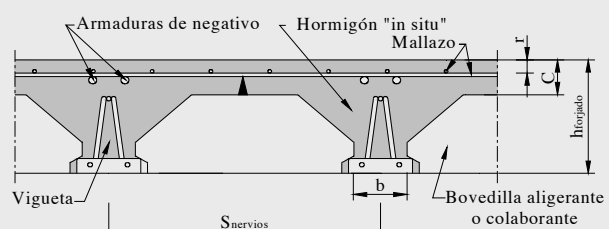
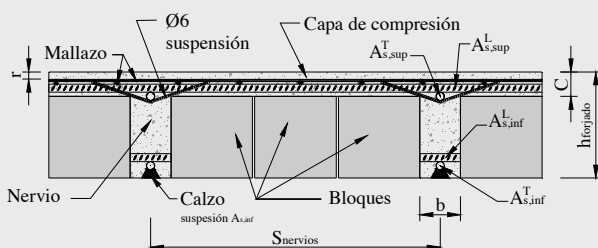
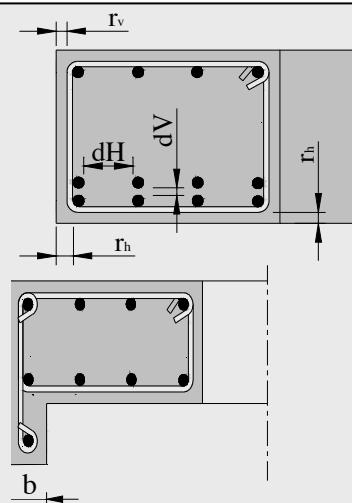
Clase de exposición				Máxima relación agua/cemento	Contenido de cemento (kg/m ³)		Resistencia mínima (N/mm ²) ②
Clase	Subclase	Designación	Tipo de ataque		Mínimo	Máximo ①	
No agresiva		I	Ninguno	0,65	250	400	25
Normal	Humedad alta	II a	Corrosión de origen diferente de los cloruros	0,60	275		25
	Humedad media	II b		0,55	300		30
Marina	Aérea	III a	Corrosión por cloruros	0,50	300		30
	Sumergida	III b		0,50	325		30
	En zona de mareas	III c		0,45	350		35
Con cloruros de origen no marino		IV		0,50	325		30
Química agresiva	Débil	Qa	Ataque químico	0,50	325		30
	Mediana	Qb		0,50	350		30
	Fuerte	Qc		0,45	350		35
Con heladas	Sin sales fundentes	H	Ataque hielo-deshielo	0,55	300		30
	Con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes	0,50	325		30
Erosión		E	Abrasión cavitación	0,50	300		30

① En casos excepcionales, previa justificación experimental y autorización expresa de la Dirección de Obra, se podrá superar dicho límite.

② Estos valores son recomendados.

Tamaño máximo del árido TM:

- 0,8 de la distancia libre horizontal (dH) y vertical (dV) entre armaduras que no formen grupo, o entre un borde de la pieza y una armadura que forme un ángulo mayor de 45° con la dirección de hormigonado (r_h).
- 1,25 de la distancia entre un borde de la pieza y una armadura que forme un ángulo menor de 45° con la dirección de hormigonado (r_v).
- 0,25 de la dimensión mínima de la pieza (b). Excepto en los casos siguientes:
 - ↳ Piezas de ejecución muy cuidada (caso de prefabricación en taller) y aquellos elementos en los que el efecto pared del encofrado sea reducido (forjados que se encofran por una sola cara) en cuyo caso será menor que 0,33 veces el espesor mínimo.
 - ↳ 0,4 del espesor mínimo de la losa superior en los forjados (C).





Propiedades geométricas:

	Diámetro [mm]	Masa [kg/m]	Nº de redondos								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Armadura transversal	6	0,222	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54
	8	0,395	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52
Armadura longitudinal	10	0,617	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07
	12	0,888	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18
	14	1,21	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85
	16	1,58	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10
	20	2,47	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27
	25	3,85	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18
	32	6,31	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38
40	9,86	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	

Secciones en cm² y Masas

Amb	r _{nom}	Ø _t	Nº de barras																			
Ila	3,5	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ø	dpp	dh	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	4,3	2,0	9	12	14	17	20	22	25	27	30	33	35	38	40	43	46	48	51	53	56	59
8	4,3	2,0	9	12	15	18	21	23	26	29	32	35	37	40	43	46	49	51	54	57	60	63
10	4,3	2,0	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	49	52	55	58	61	64	67
12	4,3	2,0	10	13	16	19	23	26	29	32	35	39	42	45	48	51	55	58	61	64	67	71
14	4,3	2,0	10	13	17	20	24	27	30	34	37	41	44	47	51	54	58	61	64	68	71	75
16	4,3	2,0	10	14	17	21	25	28	32	35	39	43	46	50	53	57	61	64	68	71	75	79
20	4,3	2,0	11	15	19	23	27	31	35	39	43	47	51	55	59	63	67	71	75	79	83	87
25	4,3	2,5	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	101	106
32	4,3	3,2	12	18	25	31	37	44	50	57	63	69	76	82	89	95	101	108	114	121	127	133
40	4,3	4,0	13	21	29	37	45	53	61	69	77	85	93	101	109	117	125	133	141	149	157	165

Ancho mínimo de la sección de hormigón para un determinado número de barras

Elementos en general con 25 N/mm² ≤ f_{ck} ≤ 40 N/mm²



Composición de la malla estándar ❶

Tipo de malla	Nº de elementos principales longitudinales ❷	Nº de elementos de ahorro en cada borde	Diámetro de los elementos de ahorro	Nº de elementos transversales	Masa por panel [kg]	Secciones de acero por metro lineal [cm ² /m]		
						Long.	Trans.	
s _l = s _t	15x15 Ø 5-5	15	-	-	40	27,44	1,31	1,31
	15x15 Ø 6-6	15	-	-	40	39,52	1,89	1,89
	15x15 Ø 8-8	11	2	6	40	66,09	3,35	3,35
	15x15 Ø 10-10	9	3	8	40	101,80	5,24	5,24
	20x20 Ø 8-8	7	2	6	30	47,94	2,51	2,51
	30x30 Ø 5-5	8	-	-	20	14,18	0,65	0,65
s _l = s _t /2	15x30 Ø 5-5	15	-	-	20	20,65	1,31	0,66
	15x30 Ø 6-6	15	-	-	20	29,74	1,89	0,94
	15x30 Ø 8-8	11	2	6	20	48,73	3,35	1,68
	15x30 Ø 10-10	11	2	8	20	77,29	5,24	2,62

❶ Las dimensiones de los paneles son: 6,00 m x 2,20 m.

❷ En este número no se incluyen los elementos de ahorro, cuando los haya.

Tabla 4.4-2: Características de las mallas electrosoldadas estándar.

Altura total h _l [mm]	Anchura total b _l [mm]	Paso de la celosía c [mm]	Diámetros y número de elementos Ød _s -n _c Ød _c -n _i Ød _i [mm]	Longitud l [m]
100	90	200	Ø6-2Ø5-2Ø6 Ø7-2Ø5-2Ø6 Ø8-2Ø5-2Ø8	12
120				
150				
170				
200				
230				
250				

Tabla 4.5-1: Características de las armaduras básicas estándar



Propiedades mecánicas:

Tipo de acero	Acero soldable		Acero soldable con características especiales de ductilidad		
	Designación	B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Límite elástico, f_y (N/mm ²) ❶		≥ 400	≥ 500	≥ 400	≥ 500
Carga unitaria de rotura, f_s (N/mm ²) ❶		≥ 440	≥ 550	≥ 480	≥ 575
Alargamiento de rotura, $\epsilon_{u,5}$ (%)		≥ 14	≥ 12	≥ 20	≥ 16
Alargamiento total bajo carga máxima, ϵ_{\max} (%)	acero suministrado en barra	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 7,5	≥ 7,5
	acero suministrado en rollo ❸	≥ 7,5	≥ 7,5	≥ 10,0	≥ 10,0
Relación f_s/f_y ❷		≥ 1,05	≥ 1,05	$1,20 \leq f_s/f_y \leq 1,35$	$1,15 \leq f_s/f_y \leq 1,35$
Relación $f_y \text{ real}/f_y \text{ nominal}$		--	--	≤ 1,20	≤ 1,25

❶ Para el cálculo de los valores unitarios se utilizará la sección nominal.
 ❷ Relación admisible entre la carga unitaria de rotura y el límite elástico obtenidos en cada ensayo.
 ❸ En el caso de aceros corrugados procedentes de suministros en rollo, los resultados pueden verse afectados por el método de preparación de la muestra para su ensayo, que deberá hacerse conforme a lo indicado en el Anejo 23. Considerando la incertidumbre que puede conllevar dicho procedimiento, pueden aceptarse aceros que presenten valores característicos de ϵ_{\max} que sean inferiores en un 0,5% a los que recoge la tabla para estos casos.

Tipo de acero para barras

Designación		Ensayo de tracción ❶				Ensayo de doblado-desdoblado $\alpha = 90^\circ$ ❷ $\beta = 20^\circ$ ❸ Diámetro de mandril D'
Nueva	Antigua	Límite elástico f_y en N/mm ² ❷	Carga unitaria de rotura f_s en N/mm ² ❷	Alargamiento de rotura en % sobre base de 5 diámetro	Relación f_s/f_y	
B500T	AEH-500T	500	550	8 ❸	1.03 ❹	8 d ❺

❶ Valores característicos inferiores garantizados.
 ❷ Para la determinación del límite elástico y la carga unitaria se utilizará como divisor de las cargas el valor nominal del área de la sección transversal.
 ❸ Además, debe cumplirse: $A\% \geq 20 - 0,02f_{yi}$
 donde:
 A: Alargamiento de rotura
 f_{yi} : Límite elástico medido en cada ensayo
 ❹ Además, debe cumplirse: $\frac{f_{si}}{f_{yi}} \geq 1,05 - 0,1 \left(\frac{f_{yi}}{f_{yk}} - 1 \right)$
 donde:
 f_{yi} : Límite elástico medido en cada ensayo
 f_{si} : Carga unitaria obtenida en cada ensayo
 f_{yk} : Límite elástico garantizado
 ❺ α : Ángulo de doblado
 ❻ β : Ángulo de desdoblado
 ❼ d: Diámetro nominal del alambre

Diámetro [mm]	τ_{bm} [N/mm ²] ❶	τ_{bu} [N/mm ²] ❷
$\varnothing < 8$	≥ 6,88	≥ 11,22
$8 \leq \varnothing \leq 32$	≥ 7,84 - 0,12 \varnothing	≥ 12,74 - 0,19 \varnothing
$32 < \varnothing$	≥ 4,00	≥ 6,66

❶ τ_{bm} : Tensión media de adherencia
 ❷ τ_{bu} : Tensión de rotura de adherencia

Tabla: Características de adherencia para barras y alambres corrugados

Tipo se acero para alambres



Disposición general de armaduras

1

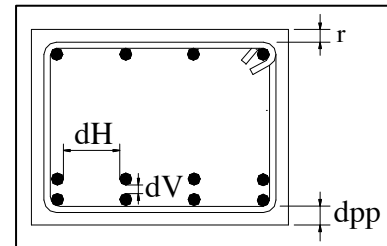
de

3

Distancia entre barras:

$$dH \text{ y } dV \geq \begin{cases} 2 \text{ cm} \\ \text{El diámetro de la mayor} \\ 1,25 \cdot TM^1 \end{cases}$$

¹ TM: Tamaño máximo del árido



Grupos de barras:

Se recomienda que los grupos de barras vayan bien sujetos por estribos o armaduras transversales análogas

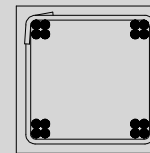
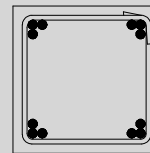
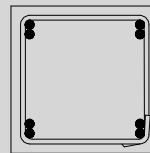
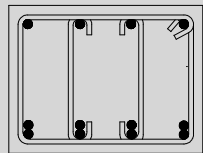
Para los grupos de barras se considerará como diámetro, el **diámetro equivalente**, definido como el diámetro de la sección circular de área equivalente a la suma de las áreas de las barras que lo constituyen, no mayor de 50 mm en el caso ❶, y 70 mm en el ❷

❶ Vigas, forjados y similares

❷ Soportes o elementos verticales

Hasta 3 barras

Hasta 4 barras



$r =$ recubrimiento (distancia a los paramentos de cualquier tipo de armadura). $r = r_{\text{mín}} + \Delta r$

Margen del recubrimiento, Δr :

- 0 mm: elementos prefabricados, control intenso.
- 5 mm: elementos in situ, control intenso
- 10 mm: en el resto de casos

EHE-98

Recubrimiento mínimo $r_{\text{mín}}$ [mm]	Resistencia característica del hormigón			
	$25 \text{ N/mm}^2 \leq f_{\text{ck}} \leq 40 \text{ N/mm}^2$		$f_{\text{ck}} \geq 40 \text{ N/mm}^2$	
Tipo de ambiente	Tipo de elemento			
	General	Prefabricados y láminas	General	Prefabricados y láminas
I	20	15	15	15
IIa	25	20	20	20
IIb	30	25	25	25
IIIa	35	30	30	25
IIIb	35	30	30	25
IIIc	40	35	35	30
IV	35	30	30	25
Qa	40	35	35	30
Qb	❷	❷	❷	❷
Qc	❷	❷	❷	❷

❶ En el caso de clases de exposición H, F ó E, el espesor del recubrimiento no se verá afectado.
 ❷ El proyectista fijará el recubrimiento al objeto de que se garantice adecuadamente la protección de las armaduras frente a la acción agresiva ambiental.

dpp = Distancia a los paramentos de la armadura principal.

$$dpp \geq \begin{cases} \text{Armatura no dificultada} \begin{cases} \varnothing^{\circ} \\ \text{el paso del hormigón} \end{cases} \begin{cases} \varnothing^{\circ} \\ 0,8 \cdot TM^{\circ} \end{cases} \\ \text{Armatura dificultada} \begin{cases} \varnothing^{\circ} \\ \text{el paso del hormigón} \end{cases} \begin{cases} \varnothing^{\circ} \\ 1,25 \cdot TM^{\circ} \end{cases} \end{cases}$$

[∘] Para barras dobladas será: $2\varnothing$

[∘] TM: Tamaño máximo del árido



Disposición general de armaduras

Recubrimiento mínimo r_{\min} [mm]

EHE-08

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm ²]	Vida útil de proyecto (t_g), [años]	
			50	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
IIa	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
IIb	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
		$f_{ck} \geq 40$	20	30

Hormigón	Cemento	Vida útil de proyecto (t_g) (años)	Clase general de exposición			
			IIIa	IIIb	IIIc	IV
Armado	CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D, CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, u hormigón con adición de microsílíce superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%	50	25	30	35	35
		100	30	35	40	40
	Resto de cementos utilizables	50	45	40	❶	❶
		100	65	❶	❶	❶
Pretensado	CEM II/A-D o bien con adición de humo de sílice superior al 6%	50	30	35	40	40
		100	35	40	45	45
	Resto de cementos utilizables, según el Artículo 26º	50	65	45	❶	❶
		100	❶	❶	❶	❶

❶ Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos, desaconsejables desde el punto de vista de la ejecución del elemento. En estos casos, se recomienda comprobar el Estado Límite de Durabilidad según lo indicado en el Anejo nº 9, a partir de las características del hormigón prescrito en el Pliego de prescripciones técnicas del proyecto.

**Disposición general de armaduras**

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm ²]	Vida útil de proyecto (t _g), (años)	
			50	100
H	CEM III	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	50
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cemento	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	35
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
F	CEM II/A-D	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	50
		$f_{ck} \geq 40$	15	35
	CEM III	$25 \leq f_{ck} < 40$	40	75
		$f_{ck} \geq 40$	20	40
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	40
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
E ②	Cualquiera	$25 \leq f_{ck} < 40$	40	80
		$f_{ck} \geq 40$	20	35
Qa	CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D, CEM III, CEM IV u hormigón con adición de microsílíce superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%	-	40	55
	Resto de cementos utilizables	-	①	①
Qb, Qc	Cualquiera	-	③	③

① Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos
② Estos valores corresponden a condiciones moderadamente duras de abrasión. En el caso de que se prevea una fuerte abrasión, será necesario realizar un estudio detallado.
③ El Autor del proyecto deberá fijar estos valores de recubrimiento mínimo y, en su caso, medidas adicionales, al objeto de que se garantice adecuadamente la protección del hormigón y de las armaduras frente a la agresión química concreta de que se trate.



Seguridad

Valores de cálculo:

Materiales		Acciones	Geometría
Hormigón	Acero		
$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ $0,85 \leq \alpha_{cc} \leq 1$	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$	$F_d = \underbrace{\psi_i \cdot F_k}_{\text{Valor representativo}} \cdot \gamma_f$	$a_d = a_k = a_{nom}$

Coefficientes parciales de seguridad para materiales:

Situación de proyecto	Estado Límite Último		Estado Límite de Servicio	
	Hormigón: γ_c	Acero: γ_s	Hormigón: γ_c	Acero: γ_s
Persistente o transitoria	1,5	1,15	1	1
Accidental	1,3	1,0	1	1

Tipo de Acción	Estado Límite Último				Estado Límite de Servicio	
	Situación persistente o transitoria		Situación accidental		Efecto favorable	Efecto desfavorable
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable		
Permanente ❶	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Pretensado	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,50$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
Accidental	-	-	$\gamma_A = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$	-	-

❶ Cuando los resultados de una comprobación sean muy sensibles a las variaciones de la magnitud de la acción permanente, de una parte a otra de la estructura, las partes favorable y desfavorable de dicha acción se considerarán como acciones individuales. En particular, esto se aplica en la comprobación del Estado Límite de Equilibrio donde se considerarán los siguientes coeficientes parciales de seguridad:

Tipo de Acción	Estado Límite Último de Equilibrio			
	Situación transitoria (construcción)		Situación persistente (servicio)	
	Favorable	Desfavorable	Favorable	Desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 0,95$	$\gamma_G = 1,05$	$\gamma_G = 0,90$	$\gamma_G = 1,10$



Hipótesis de carga:

		Situación de proyecto	
Estados Límite Último	permanentes o transitorias		$\sum_{j=1} \gamma_{G,j} \cdot G_j + \sum_{j=1} \gamma_{G^*,j} \cdot G^*_{j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_1 + \sum_{j>1} \gamma_{Q,j} \cdot \Psi_{0,j} \cdot Q_j$
	accidentales	Sismo	$\sum_{j=1} \gamma_{G,j} \cdot G_j + \sum_{j=1} \gamma_{G^*,j} \cdot G^*_{j} + \gamma_A \cdot A_E + \sum_{j=1} \gamma_{Q,j} \cdot \Psi_{2,j} \cdot Q_j$
		Otra	$\sum_{j=1} \gamma_{G,j} \cdot G_j + \sum_{j=1} \gamma_{G^*,j} \cdot G^*_{j} + \gamma_A \cdot A + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_1 + \sum_{j>1} \gamma_{Q,j} \cdot \Psi_{2,j} \cdot Q_j$
Estados Límite de servicio	Combinación poco probable		$\sum_{j=1} \gamma_{G,j} \cdot G_j + \sum_{j=1} \gamma_{G^*,j} \cdot G^*_{j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_1 + \sum_{j>1} \gamma_{Q,j} \cdot \Psi_{0,j} \cdot Q_j$
	Combinación frecuente		$\sum_{j=1} \gamma_{G,j} \cdot G_j + \sum_{j=1} \gamma_{G^*,j} \cdot G^*_{j} + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_1 + \sum_{j>1} \gamma_{Q,j} \cdot \Psi_{2,j} \cdot Q_j$
	Combinación cuasipermanente		$\sum_{j=1} \gamma_{G,j} \cdot G_j + \sum_{j=1} \gamma_{G^*,j} \cdot G^*_{j} + \sum_{j=1} \gamma_{Q,j} \cdot \Psi_{2,j} \cdot Q_j$

- Σ : representan la suma de todas las acciones del tipo considerado (por ejemplo en el caso de la acción permanente, G, representa la suma de todas las cargas permanentes)
- G_j : Valor característico de las acciones permanentes.
- G^*_j : Valor característico de las acciones permanentes de valor no constante.
- Q_1 : Valor característico de la acción variable determinante.
- $\Psi_1 \cdot Q_1$: Valor representativo frecuente de la acción variable determinante.
- $\Psi_{0,j} \cdot Q_j$: Valor representativo de combinación de las acciones variables concomitantes.
- $\Psi_{2,j} \cdot Q_j$: Valores representativos cuasipermanentes de las acciones variables con la acción determinante o con la acción accidental.
- A: Valor característico de la acción accidental.
- A_E : Valor característico de la acción sísmica.

Valores representativos (Acción variable)

- Valor de combinación: $\Psi_0 \cdot F_k$. Es el valor de la acción cuando actúa aisladamente o con alguna otra acción.
- Valor frecuente: $\Psi_1 \cdot F_k$. Es el valor de la acción que es sobrepasado en sólo períodos de corta duración respecto a la vida útil de la estructura.
- Valor cuasipermanente: $\Psi_2 \cdot F_k$. Es el valor de la acción que es sobrepasado durante una gran parte de la vida útil de la estructura.

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

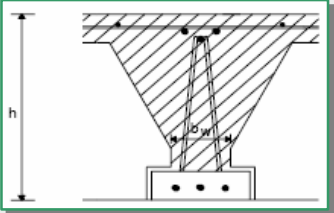
(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.



Cuantías mínimas:

Tipo de elemento estructural		Tipo de acero	
		Aceros con $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$	Aceros con $f_y = 500 \text{ N/mm}^2$
Pilares ❶		4,0	4,0
Losas ❶		2,0	1,8
Forjados unidireccionales	Nervios ❷	4,0	3,0
	Armadura de reparto perpendicular a los nervios ❸	1,4	1,1
	Armadura de reparto paralela a los nervios ❸	0,7	0,6
Vigas ❷		3,3	2,8
Muros ❸	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

❶ Cuantía mínima de la armadura longitudinal
 ❷ Cuantía mínima de cada una de las armaduras, longitudinal y transversal repartida en las dos caras. Para losas de cimentación y zapatas armadas, se adoptará la mitad de estos valores en cada dirección dispuestos en la cara inferior.
 ❸ Cuantía mínima referida a una sección rectangular de ancho b_w y canto h del forjado de acuerdo con la Figura. Esta cuantía se aplica estrictamente en los nervios y no en las zonas macizadas. Todas las viguetas deben tener en la cabeza inferior, al menos, dos armaduras activas o pasivas longitudinales simétricas respecto al plano medio vertical.
 ❹ Cuantía mínima referida al espesor de la capa de compresión hormigonada in situ.
 ❺ Cuantía mínima correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.
 ❻ La cuantía mínima vertical es la correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.
 A partir de los 2,5 m de altura del fuste del muro y siempre que esta distancia no sea menor que la mitad de la altura del muro podrá reducirse la cuantía horizontal a un 2%. En el caso en que se dispongan juntas verticales de contracción a distancias no superiores a 7,5 m, con la armadura horizontal interrumpida, las cuantías geométricas horizontales mínimas pueden reducirse al 2%. La armadura mínima horizontal deberá repartirse en ambas caras. Para muros vistos por ambas caras debe disponerse el 50% en cada cara. En el caso de muros con espesores superiores a 50 cm, se considerará un área efectiva de espesor máximo 50 cm distribuidos en 25 cm a cada cara, ignorando la zona central que queda entre estas capas superficiales.
 ❼ En el caso de elementos pretensados, la armadura activa podrá tenerse en cuenta en relación con el cumplimiento de las cuantías geométricas mínimas sólo en el caso de las armaduras pretensas que actúen antes de que se desarrolle cualquier tipo de deformación térmica o reológica.



Cuantía geométrica mínima: $\rho = \frac{A_s}{A_c} \times 1000$

Flexión Simple ó Compuesta		Compresión Simple ó Compuesta ❷		Tracción Simple ó Compuesta ❹	
Armadura de compresión	$A_{s2} \cdot f_{yd} \geq 0,05 \cdot N_d$ ❶		Armadura más comprimida	$A_{s2} \cdot f_{yc,d} \geq 0,05 \cdot N_d$	
	Armadura de tracción	Sección genérica		Armadura menos comprimida	Armadura total $A_s \cdot f_{yd} \geq A_c \cdot f_{ct,m}$
Sección Rectangular con $f_{ck} < 50 \text{ N/mm}^2$		$A_{s1} \cdot f_{yd} \geq f_{ct,m,fl} \frac{W_l}{z}$ ❸	$A_{s1} \cdot f_{yc,d} \geq 0,05 \cdot N_d$		
❶ Recomendación		❷ La resistencia de cálculo del acero en compresión es: $f_{yc,d} \neq 400 \text{ N/mm}^2$			
❸ W_l : Módulo resistente de la sección bruta relativo a la fibra más traccionada		❹ z : Brazo mecánico de la sección. A falta de cálculos más precisos puede adoptarse $z = 0,8 \cdot h$			
❹ $f_{ct,m,fl}$: Resistencia media a flexotracción del hormigón		❺ $f_{ct,m}$: Resistencia media a tracción del hormigón			

**Cuantías máximas:**

	Flexión Simple ó Compuesta ①		Compresión Simple ó Compuesta ②		Tracción Simple ó Compuesta
Armadura de compresión	$A_{s2} \leq 0,04 \cdot A_c$	Armadura más comprimida	$A_{s2} \cdot f_{yc,d} \leq 0,5 \cdot A_c \cdot f_{cd}$	Armadura total	---
Armadura de tracción	$A_{s1} \leq 0,04 \cdot A_c$	Armadura menos comprimida	$A_{s1} \cdot f_{yc,d} \leq 0,5 \cdot A_c \cdot f_{cd}$		

① La instrucción española no establece ninguna limitación máxima. Esta es establecida por el Código Modelo CEB-FIP

② La resistencia de cálculo del acero en compresión es: $f_{yc,d} \leq 400 \frac{N}{mm^2}$

Otras disposiciones

- ❑ La armadura principal estará formada al menos por cuatro barras, en el caso de secciones rectangulares (una en cada esquina), y por seis barras en el caso de secciones circulares, siendo la separación entre dos consecutivas: $s \leq \begin{cases} 30 \text{ cm} \\ 3 \text{ veces el espesor} \end{cases}$

- ❑ En soportes el diámetro de la barra comprimida más delgada no será inferior a 12 mm.

- ❑ Para poder tener en cuenta en el cálculo las armaduras longitudinales en compresión es preciso que vayan sujetas con cercos o estribos que cumplan la condición:

$$s_t \leq 15 \varnothing_{\min}$$

$$\varnothing_t \geq \frac{1}{4} \varnothing_{\max}$$

s_t : separación de la armadura transversal.
 \varnothing_t : diámetro de la armadura transversal.
 \varnothing_{\min} : diámetro de la armadura comprimida más delgada.
 \varnothing_{\max} : diámetro de la armadura comprimida más gruesa.

sujetando al menos una de cada dos barras consecutivas de la misma cara y toda aquellas que se dispongan a una distancia $s > 15 \text{ cm}$.

- ❑ En piezas comprimidas $s_t \leq \begin{cases} 30 \text{ cm} \\ \text{dimensión menor del elemento} \end{cases}$

- ❑ En muros o pantallas sometidas a compresión dominante es conveniente sujetar con estribos una de cada dos barras, alternándolas tanto verticalmente como horizontalmente.



Dimensionamiento a flexión simple

Determinación de los valores de cálculo:

Ver Ficha 05

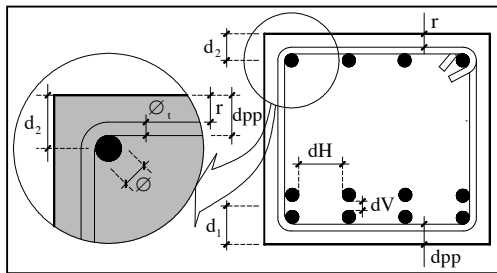
$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}; \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \quad M_d = \gamma_f \cdot M$$

Cálculo de las cuantías límites:

Ver Ficha 06

$$A_{s1,mín} \text{ y } A_{s2,mín}$$

Cálculo de los recubrimientos:



Ver Ficha 04 para valores de r y dpp

$$d_1 = d_2 \geq \begin{cases} r + \phi_i + \frac{1}{2}\phi \\ dpp + \frac{1}{2}\phi \end{cases}$$

Cálculo de las magnitudes adimensionales:

$$\delta_2 = \frac{d_2}{d}$$

$$M_1 = M_d \Rightarrow \mu_1 = \frac{M_1}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

Cálculo de los valores límites:

	B 400S		B 500S	
	$\gamma_s=1,15$	$\gamma_s=1,00$	$\gamma_s=1,15$	$\gamma_s=1,00$
ξ_{lim}	0,668	0,636	0,617	0,583
ν_{lim}	0,534	0,509	0,493	0,467
μ_{lim}	0,392	0,380	0,372	0,358

$$\xi_{lim} = \frac{1}{1 + 1,43 \cdot 10^{-3} \cdot f_{yd}} \begin{cases} \nu_{lim} = 0,8 \cdot \xi_{lim} \\ \mu_{lim} = 0,8 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,4 \cdot \xi_{lim}) \end{cases}$$

Si: D.F.S.-I

No: D.F.S.-II

$\mu_1 < \mu_{lim}$

$$\xi = 1,25 \cdot (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_1})$$

$$\omega_2 = 0$$

$$\omega_1 = 0,8 \cdot \xi$$

$$\xi = \xi_{lim}$$

$$\omega_2 = \frac{\mu_1 - \mu_{lim}}{1 - \delta_2}$$

$$\omega_1 = \nu_{lim} + \omega_2$$

$$A_{s1} = \omega_1 \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_{s2} = \omega_2 \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$



Ficha 07

Solicitaciones normales. Diagramas de flujo

2

DE

10

Comprobación a flexión simple

Determinación de los valores de cálculo:

Ver Ficha 05

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}; \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \quad M_d = \gamma_f \cdot M$$

Cálculo de las magnitudes adimensionales:

$$\delta_2 = \frac{d_2}{d}$$

$$\omega_1 = \frac{A_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}} \quad \text{y} \quad \omega_2 = \frac{A_{s2} \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}}$$

Cálculo de los valores límites:

$$\xi_{lim} = \frac{1}{1 + 1,43 \cdot 10^{-3} \cdot f_{yd}} \begin{cases} v_{lim} = 0,8 \cdot \xi_{lim} \\ u_{lim} = 0,8 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,4 \cdot \xi_{lim}) \end{cases}$$

	B 400S		B 500S	
	$\gamma_s=1,15$	$\gamma_s=1,00$	$\gamma_s=1,15$	$\gamma_s=1,00$
ξ_{lim}	0,668	0,636	0,617	0,583
v_{lim}	0,534	0,509	0,493	0,467
u_{lim}	0,392	0,380	0,372	0,358

Cálculo de ξ^*

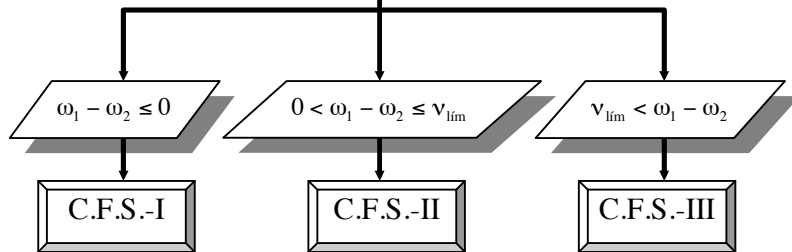
$$\xi^* = \frac{f_{yd} + 2.000 \cdot \delta_2}{f_{yd} + 2.000} \quad (\text{Dominio 2})$$

$$\xi^* = \frac{700 \cdot \delta_2}{700 - f_{yd}} \quad (\text{Dominio 3 y 4})$$

B 400S	δ_2	$\gamma_s=1,15$		$\gamma_s=1,00$	
		ξ^*	ξ^*	ξ^*	ξ^*
	0,05	0,191	0,208		
	0,10	0,233	0,250		
	0,15	0,298	0,350		
	0,27	0,542	0,636		
	0,34	0,668	0,784		

B 500S	δ_2	$\gamma_s=1,15$		$\gamma_s=1,00$	
		ξ^*	ξ^*	ξ^*	ξ^*
	0,05	0,220	0,240		
	0,10	0,264	0,350		
	0,15	0,396	0,525		
	0,18	0,465	0,617		
	0,22	0,583	0,773		

¿ $\omega_1 - \omega_2$?



$$M_1 = \mu_1 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \Rightarrow M_u = M_1$$



Solicitaciones normales. Diagramas de flujo

Dimensionamiento a flexión compuesta

Determinación de los valores de cálculo:

Ver Ficha 05

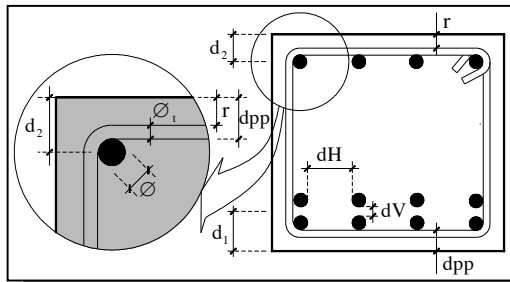
$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}; \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \quad M_d = \gamma_f \cdot M; \quad N_d = \gamma_f \cdot N$$

Cálculo de las cuantías límites:

Ver Ficha 06

$A_{s1,min}$ ($A_{s1,max}$) y $A_{s2,min}$ ($A_{s2,max}$)

Cálculo de los recubrimientos:



Ver Ficha 04 para valores de r y dpp

$$d_1 = d_2 \geq \begin{cases} r + \varnothing_t + \frac{1}{2}\varnothing \\ dpp + \frac{1}{2}\varnothing \end{cases}$$

Cálculo de las magnitudes adimensionales:

$$\delta_2 = \frac{d_2}{d}$$

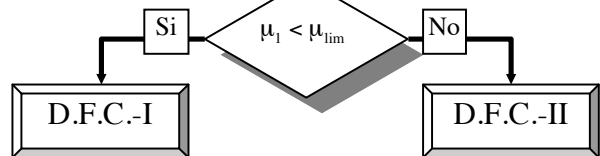
$$M_1 = M_d + N_d \left(d - \frac{h}{2} \right) \Rightarrow \mu_1 = \frac{M_1}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$N = N_d \Rightarrow v = \frac{N}{b \cdot d \cdot f_{cd}}$$

Cálculo de los valores límites:

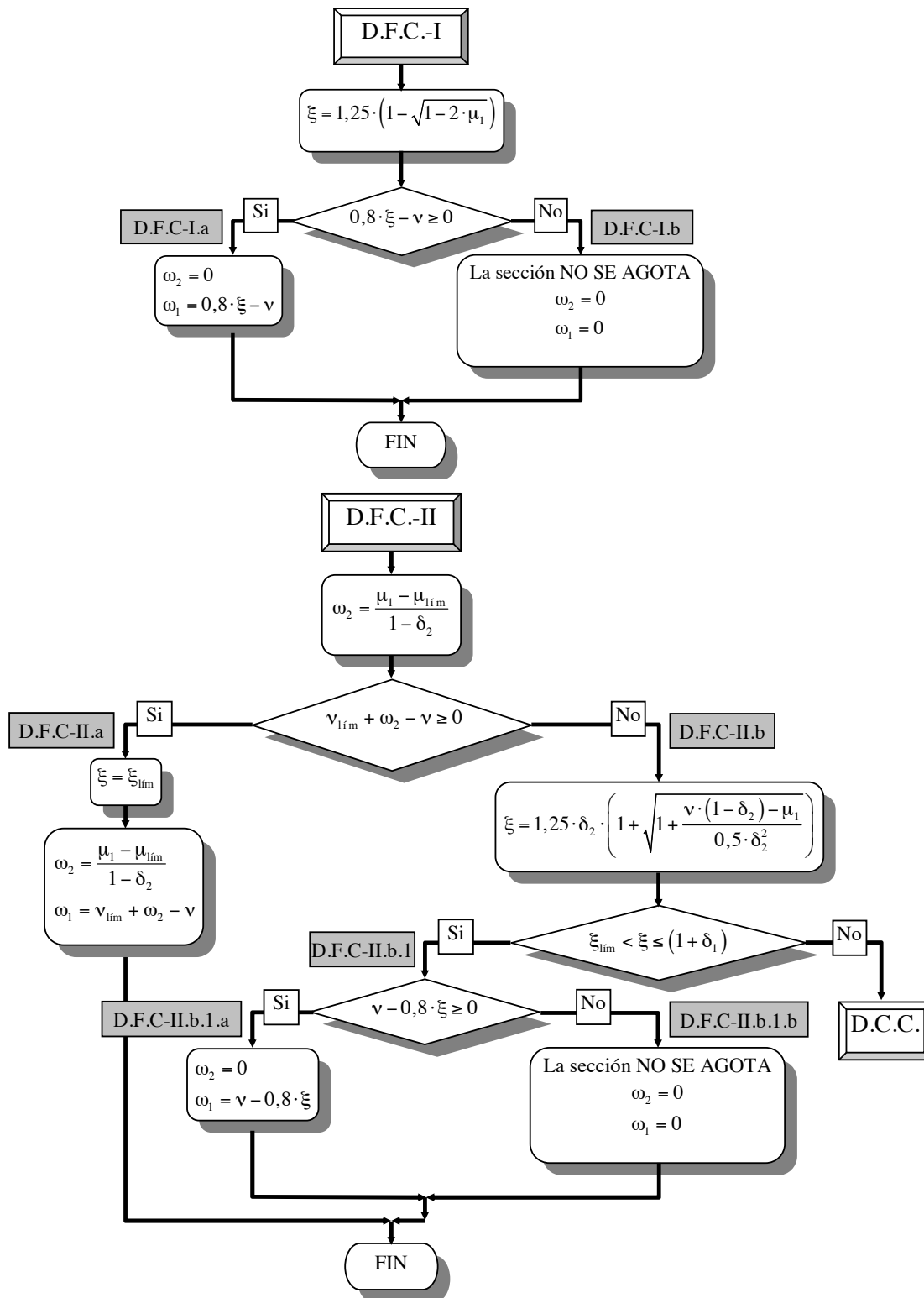
$$\xi_{lim} = \frac{1}{1 + 1,43 \cdot 10^{-3} \cdot f_{yd}} \begin{cases} v_{lim} = 0,8 \cdot \xi_{lim} \\ \mu_{lim} = 0,8 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,4 \cdot \xi_{lim}) \end{cases}$$

	B 400S		B 500S	
	$\gamma_s=1,15$	$\gamma_s=1,00$	$\gamma_s=1,15$	$\gamma_s=1,00$
ξ_{lim}	0,668	0,636	0,617	0,583
v_{lim}	0,534	0,509	0,493	0,467
μ_{lim}	0,392	0,380	0,372	0,358



$$A_{s1} = \omega_1 \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_{s2} = \omega_2 \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$





Solicitaciones normales. Diagramas de flujo

Comprobación a flexión compuesta

Determinación de los valores de cálculo:

Ver Ficha 05

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}; \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \quad M_d = \gamma_f \cdot M; \quad N_d = \gamma_f \cdot N$$

Cálculo de las magnitudes adimensionales:

$$\delta_2 = \frac{d_2}{d}$$

$$\omega_1 = \frac{A_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}} \quad \text{y} \quad \omega_2 = \frac{A_{s2} \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}}$$

$$v = \frac{N_d}{b \cdot d \cdot f_{cd}}$$

Cálculo de los valores límites:

$$\nu_{lim} = \frac{1}{1 + 1,43 \cdot 10^{-3} \cdot f_{yd}} \begin{cases} \nu_{lim} = 0,8 \cdot \xi_{lim} \\ \mu_{lim} = 0,8 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,4 \cdot \xi_{lim}) \end{cases}$$

	B 400S		B 500S	
	$\gamma_s=1,15$	$\gamma_s=1,00$	$\gamma_s=1,15$	$\gamma_s=1,00$
ξ_{lim}	0,668	0,636	0,617	0,583
ν_{lim}	0,534	0,509	0,493	0,467
μ_{lim}	0,392	0,380	0,372	0,358

Cálculo de ξ^*

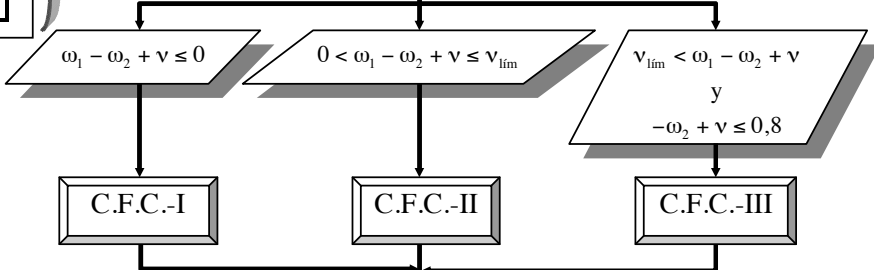
$$\xi^* = \frac{f_{yd} + 2.000 \cdot \delta_2}{f_{yd} + 2.000} \quad (\text{Dominio 2})$$

$$\xi^* = \frac{700 \cdot \delta_2}{700 - f_{yd}} \quad (\text{Dominio 3})$$

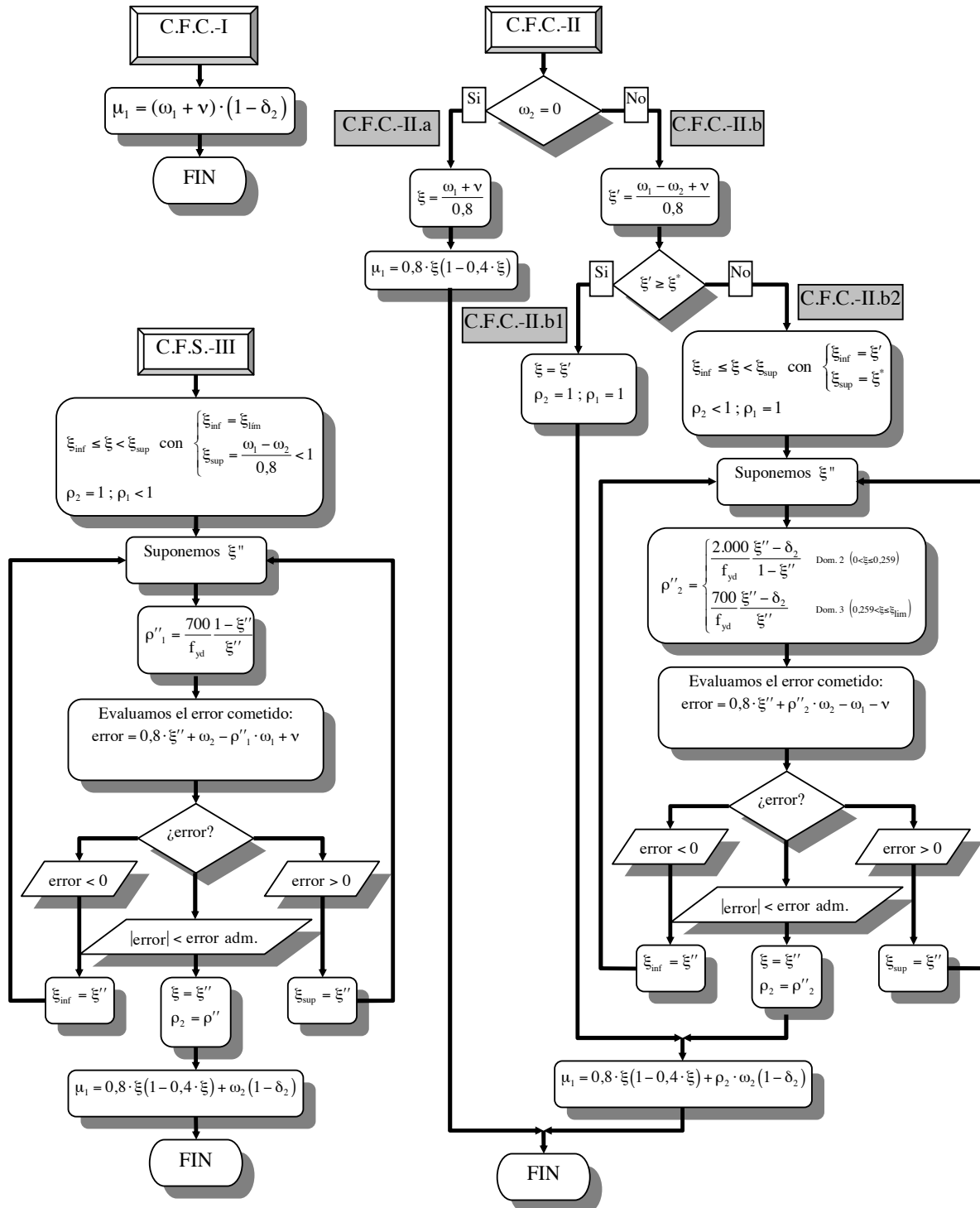
B 400S	δ_2	$\gamma_s=1,15$	$\gamma_s=1,00$
ξ^*	0,05	0,191	0,208
	0,10	0,233	0,250
	0,15	0,298	0,350
	0,27	0,542	0,636
	0,34	0,668	0,784

B 500S	δ_2	$\gamma_s=1,15$	$\gamma_s=1,00$
ξ^*	0,05	0,220	0,240
	0,10	0,264	0,350
	0,15	0,396	0,525
	0,18	0,465	0,617
	0,22	0,583	0,773

¿ $\omega_1 - \omega_2 + v$?



$$M_1 = \mu_1 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \Rightarrow M_u = M_1 - N_d \left(d - \frac{h}{2} \right)$$





Solicitaciones normales. Diagramas de flujo

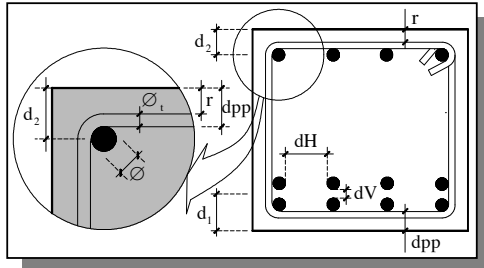
Dimensionamiento a compresión compuesta

Determinación de los valores de cálculo:

Ver Ficha 05 $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}; f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; M_d = \gamma_f \cdot M; N_d = \gamma_f \cdot N$

Cálculo de las cuantías límites:
 $A_{s1,min} (A_{s1,max})$ y $A_{s2,min} (A_{s2,max})$

Ver Ficha 06



Ver Ficha 04 para valores de r y dpp

Cálculo de los recubrimientos:

$$d_1 = d_2 \geq \begin{cases} r + \varnothing_t + \frac{1}{2}\varnothing \\ dpp + \frac{1}{2}\varnothing \end{cases}$$

Cálculo de las magnitudes adimensionales:

$$\delta_2 = \frac{d_2}{h}$$

$$M_2 = N_d \left(\frac{h}{2} - d_2 \right) - M_d \Rightarrow \mu_2 = \frac{M_2}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}}$$

$$N = N_d \Rightarrow v = \frac{N}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$$

Cálculo de los valores límites:

$$\mu_{2,lim} = 0,5 - \delta_2$$

Si $\mu_2 < \mu_{2,lim}$ $\psi = \delta_2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{\mu_2}{0,5 \cdot \delta_2^2}} \right)$

No **DCC-II**

Si $\psi \leq 0,8$
 $\xi = \frac{\psi}{0,8}$
Si $\psi > 0,8$
 $\xi = \frac{0,2}{1 - \psi}$

$$\omega_1 = \frac{\mu_2 - \mu_{2,lim}}{\Delta - \delta_2}$$

$$\omega_2 = v - 1 - \omega_1$$

Si $\xi \geq \xi_{lim}$

No **D.F.C**

Si $v - \psi \geq 0$ **DCC-I.a**

$$\omega_2 = v - \psi$$

$$\omega_1 = 0$$

No **DCC-I.b**

NO SE AGOTA
 $\omega_2 = 0$
 $\omega_1 = 0$

En DCC-II:
 $f_{yd} \leq 400 \frac{N}{mm^2}$

$$A_{s1} = \omega_1 \frac{b \cdot h \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_{s2} = \omega_2 \frac{b \cdot h \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

**Comprobación a compresión compuesta**

Determinación de los valores de cálculo:

Ver Ficha 05

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}; \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \quad M_d = \gamma_f \cdot M; \quad N_d = \gamma_f \cdot N$$

Cálculo de las magnitudes adimensionales:

$$\delta_2 = \frac{d_2}{d} \quad \Delta = \frac{d}{h}$$
$$\omega_1 = \frac{A_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}} \quad \text{y} \quad \omega_2 = \frac{A_{s2} \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}}$$
$$v = \frac{N_d}{b \cdot d \cdot f_{cd}}$$

$$v - \omega_2 \leq 0,8 \cdot \Delta$$

Si

D.F.C

No

$$\zeta v - \omega_2 - \omega_1 ?$$

$$v - \omega_2 - \omega_1 > 1$$

La sección no puede soportar el esfuerzo axial

$$v - \omega_2 - \omega_1 = 1$$

$$\xi = \infty$$
$$\left. \begin{array}{l} \rho_2 = 1 \\ \rho_2 = 1 \end{array} \right\} \text{ con } f_{yd} \leq 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$
$$\mu_2 = \underbrace{(0,5 - \delta_2)}_{\mu_{2,1}} + \omega_1 \cdot (\Delta - \delta_2)$$

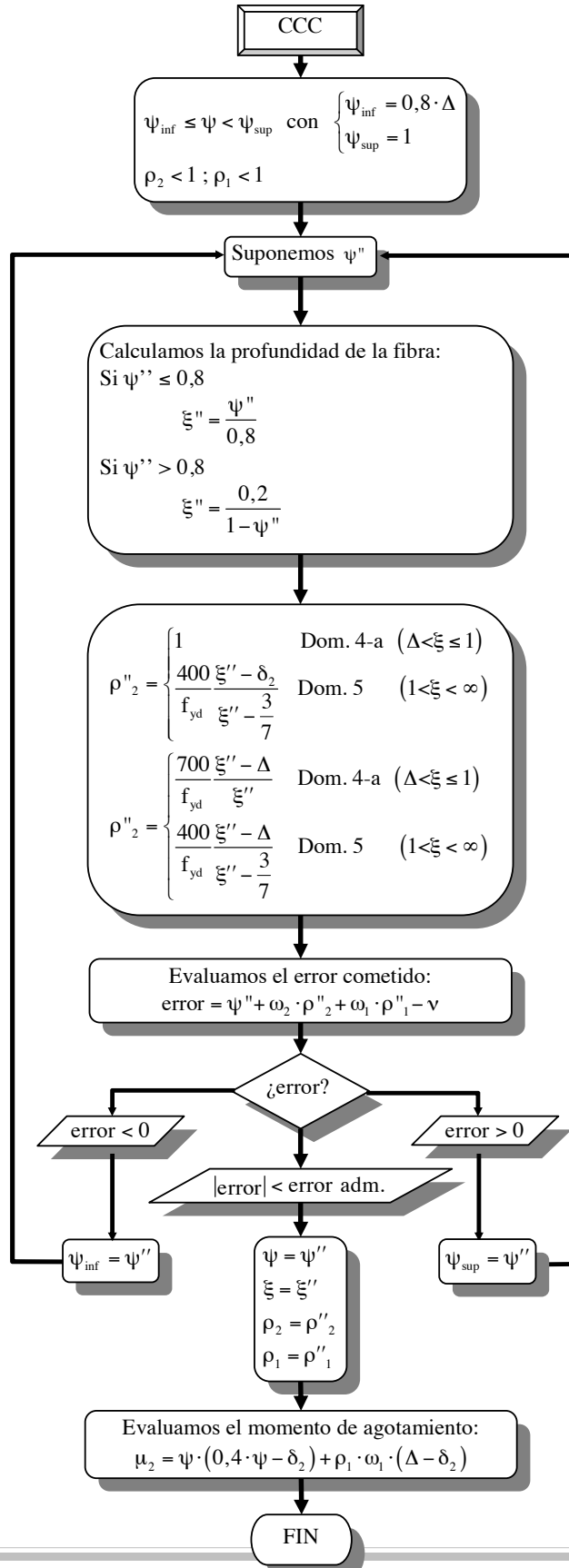
$$M_1 = \mu_2 \cdot b \cdot h^2 \cdot f_{cd} \Rightarrow M_u = N_d \left(\frac{h}{2} - d_2 \right) - M_2$$

$$v - \omega_2 - \omega_1 < 1$$

C.C.C



Solicitaciones normales. Diagramas de flujo





Verificación del E.L.U. de cortante:

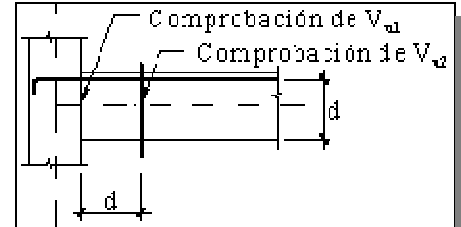
$$V_d \leq V_{u1}$$

$$V_d \leq V_{u2}$$

Vd Esfuerzo cortante de cálculo.

Vu1 Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.

Vu2 Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.



- Agotamiento por compresión oblicua:

$$V_{u1} = K \cdot f_{ctd} \cdot b_0 \cdot d \frac{\cotg \theta + \cotg \alpha}{1 + \cotg^2 \theta} \quad \begin{matrix} \alpha = 90^\circ \\ \theta = 45^\circ \end{matrix} \Rightarrow V_{u1} = 0,30 \cdot f_{ctd} \cdot b_0 \cdot d$$

- Agotamiento por tracción oblicua:

o Piezas SIN armadura de cortante

- Región no fisurada $M_d < M_{fis,d}$

$$V_{u2} = \frac{I \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_1 \sigma'_{ct,d} f_{ct,d}}$$

- Región fisurada $M_d \geq M_{fis,d}$

$$V_{u2} = \left[\frac{0,18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_\ell \cdot f_{cv})^{1/3} + 0,15 \cdot \sigma'_{cd} \right] b_0 \cdot d$$

$\geq \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2}$

o Piezas CON armadura de cortante

$$V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$$

$$V_{cu} = \left[\frac{0,15}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_\ell \cdot f_{cv})^{1/3} + 0,15 \cdot \sigma'_{cd} \right] b_0 \cdot d$$

$$V_{su} = \sum A_\alpha \cdot f_{y\alpha,d} \cdot z \cdot \sen \alpha (\cotg \alpha + \cotg \theta) \quad \begin{matrix} \alpha = 90^\circ \\ \theta = 45^\circ \end{matrix} \Rightarrow V_{su} = 0,9 \cdot d \cdot A_\alpha \cdot f_{y\alpha,d}$$

S ₉₀ [cm]	Estribos						
	2Ø6	3Ø6	2Ø8	4Ø6	3Ø8	2Ø10	4s8
	A _{rama} [cm ²]						
10	5,65	8,48	10,05	11,31	15,08	15,71	20,11
11	5,14	7,71	9,14	10,28	13,71	14,28	18,28
12	4,71	7,07	8,38	9,42	12,57	13,09	16,76
13	4,35	6,52	7,73	8,70	11,60	12,08	15,47
14	4,04	6,06	7,18	8,08	10,77	11,22	14,36
15	3,77	5,65	6,70	7,54	10,05	10,47	13,40
16	3,53	5,30	6,28	7,07	9,42	9,82	12,57
17	3,33	4,99	5,91	6,65	8,87	9,24	11,83
18	3,14	4,71	5,59	6,28	8,38	8,73	11,17
19	2,98	4,46	5,29	5,95	7,94	8,27	10,58
20	2,83	4,24	5,03	5,65	7,54	7,85	10,05
21	2,69	4,04	4,79	5,39	7,18	7,48	9,57
22	2,57	3,86	4,57	5,14	6,85	7,14	9,14
23	2,46	3,69	4,37	4,92	6,56	6,83	8,74
24	2,36	3,53	4,19	4,71	6,28	6,54	8,38
25	2,26	3,39	4,02	4,52	6,03	6,28	8,04
26	2,17	3,26	3,87	4,35	5,80	6,04	7,73
27	2,09	3,14	3,72	4,19	5,59	5,82	7,45
28	2,02	3,03	3,59	4,04	5,39	5,61	7,18
29	1,95	2,92	3,47	3,90	5,20	5,42	6,93
30	1,88	2,83	3,35	3,77	5,03	5,24	6,70

$$A_{90} = \frac{A_t}{S_{90}} = \frac{n \cdot A_{rama}}{S_{90}}$$



Ficha 08

ELU: Cortante

2

DE

2

K: Coeficiente de reducción por efecto del esfuerzo axial:

K = 1,00 Para estructuras sin pretensado o sin esfuerzo axial de compresión

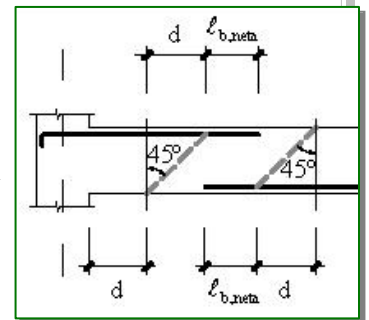
$$K = 1 + \frac{\sigma'_{cd}}{f_{cd}}$$
 para $0 < \sigma'_{cd} \leq 0,25f_{cd}$

$$K = 1,25$$
 para $0,25f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 0,50f_{cd}$

$$K = 2,5 \left(1 - \frac{\sigma'_{cd}}{f_{cd}} \right)$$
 para $0,50f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 1,00f_{cd}$
 σ'_{cd} : Tensión efectiva en la sección (compresión positiva):
$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$
 N_d : Esfuerzo axial de cálculo (compresión positiva)
 A_c : Área total de la sección de hormigón A_s : Área total de armadura comprimida f_{1cd} : Resistencia a compresión del hormigón $f_{1cd} = 0,60 \cdot f_{cd}$ para $f_{ck} \leq 60$ Mpa $f_{1cd} = (0,90 - f_{ck}/200)f_{cd} \geq 0,50 \cdot f_{cd}$ para $f_{ck} > 60$ MPa b_0 : Anchura neta mínima en 3/4 del canto útil α : Ángulo de la armadura con el eje de la pieza θ : Ángulo entre bielas de compresión y el eje de la pieza: $0,5 \leq \cotg \theta \leq 2,0$ f_{cv} : resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm^2 . De valor $f_{cv} = f_{ck}$ con f_{ck} no mayor de $15 N/mm^2$ en el caso de control indirecto de la resistencia del hormigón ($f_{ck} \leq 60 N/mm^2$)
$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} < 2,0$$
 con d (canto útil de la sección) en mm

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} \geq 0,02$$

Cuantía geométrica de la armadura longitudinal anclada a una distancia igual o mayor que d a partir de la sección de estudio

$$A_\alpha = \frac{A_t}{s_\alpha} = \frac{n \cdot A_{rama}}{s_\alpha}$$
 A_t : La sección de acero que se proyecta en un mismo plano transversal
 n: n° de ramas del estribo ó numero de barras que se levantan simultáneamente
 A_{rama} : Área de una rama del estribo o de una barra levantada s_α : Separación de la armadura transversal en la dirección de la directriz. $f_{y\alpha,d}$: Resistencia de cálculo del acero de la armadura transversal con: $f_{y\alpha,d} \geq 400 \frac{N}{mm^2}$ z: Brazo mecánico. En flexión simple puede adoptarse el valor aproximado $z = 0,9 d$.

• Disposición de armaduras:

Cuantía mínima:

$$\sum \frac{A_\alpha \cdot f_{y\alpha,d}}{\sin \alpha} \geq \frac{f_{ct,m}}{7,5} \cdot b_0$$

se debe disponer con estribos verticales

Nota: para $f_{ct,m}$ ver ficha 02.

Separación máxima:

$$s_t \leq 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha) \leq 600 \text{ mm} \quad \text{si} \quad V_d \leq \frac{1}{5} V_{ul}$$

$$s_t \leq 0,6 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha) \leq 450 \text{ mm} \quad \text{si} \quad \frac{1}{5} V_{ul} < V_d \leq \frac{2}{3} V_{ul}$$

$$s_t \leq 0,3 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha) \leq 300 \text{ cm} \quad \text{si} \quad \frac{2}{3} V_{ul} < V_d$$

Con armaduras comprimidas necesarias por cálculo:

$$s_t \leq 15 \varnothing_{\min}$$

$$\varnothing_t \geq \frac{1}{4} \varnothing_{\max}$$

sujetando al menos una de cada dos barras consecutivas de la misma cara y toda aquellas que se dispongan a una distancia $s > 15 \text{ cm}$.

En piezas comprimidas:

$$s_t \leq \begin{cases} 30 \text{ cm} \\ \text{dimensión menor del elemento} \end{cases}$$



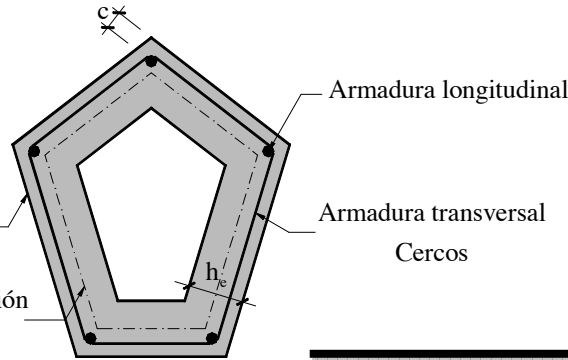
ELU: Torsión

Sección de cálculo

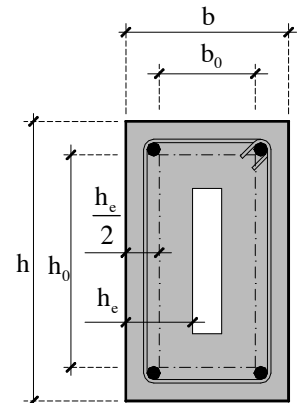
$$h_e \leq \frac{A}{u} \begin{cases} \nlessgtr h_{real} \\ \nlessgtr 2 \cdot c \end{cases}$$

Contorno exterior de la sección : u y A

Línea media de la sección hueca eficaz : u_e y A_e



Para una sección rectangular



$$\begin{cases} h_0 = h - h_e \\ b_0 = b - h_e \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A_e = h_0 \cdot b_0 \\ u_e = 2(h_0 + b_0) \end{cases}$$

Verificación del E.L.U. de Torsión

$$T_d \leq T_{u1} = 2 \cdot k \cdot f_{tcd} \cdot A_e \cdot h_e \frac{\cotg \theta}{1 + \cotg^2 \theta}$$

T_d: Momento torsor de cálculo en la sección

$$T_d \leq T_{u2} = \frac{2 \cdot A_e}{s_t} A_t \cdot f_{yt,d} \cdot \cotg \theta$$

T_{u1} Máximo momento torsor que pueden resistir las bielas comprimidas de hormigón

T_{u2} Máximo momento torsor que pueden resistir las armaduras transversales

$$T_d \leq T_{u3} = \frac{2 \cdot A_e}{u_e} A_\ell \cdot f_{y\ell,d} \cdot \tg \theta$$

T_{u3} Máximo momento torsor que pueden resistir las armaduras longitudinales

K: Coeficiente de reducción por efecto del esfuerzo axial:

K = 1,00 Para estructuras sin pretensado o sin esfuerzo axial de compresión

$K = 1 + \frac{\sigma'_{cd}}{f_{cd}}$ para $0 < \sigma'_{cd} \leq 0,25f_{cd}$

K = 1,25 para $0,25f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 0,50f_{cd}$

$K = 2,5 \left(1 - \frac{\sigma'_{cd}}{f_{cd}} \right)$ para $0,50f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 1,00f_{cd}$

σ'_{cd}: Tensión efectiva en la sección (compresión positiva):

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

N_d: Esfuerzo axial de cálculo (compresión positiva)
A_c: Área total de la sección de hormigón
A_s: Área total de armadura comprimida

f_{1cd}: Resistencia a compresión del hormigón

$$f_{1cd} = 0,60 \cdot f_{cd}$$

para f_{ck} ≤ 60 Mpa

$$f_{1cd} = (0,90 - f_{ck}/200)f_{cd} \geq 0,50 \cdot f_{cd}$$

para f_{ck} > 60 MPa

α: 0,60 Si hay estribos únicamente a lo largo del perímetro exterior de la pieza

0,75 Si se colocan estribos cerrados en ambas caras de la pared de la sección hueca equivalente o de la sección hueca real.

θ: Ángulo entre bielas de compresión y el eje de la pieza: 0,5 ≤ cotg θ ≤ 2,0

A_e Área encerrada por la línea media de la sección hueca eficaz de cálculo

s_t Separación longitudinal entre cercos o barras de la armadura transversal

f_{yt,d}: Resistencia de cálculo del acero de la armadura transversal, con: f_{yt,d} > 400 $\frac{N}{mm^2}$

A_ℓ Área total de las armaduras longitudinales

f_{yℓ,d}: Resistencia de cálculo del acero de la armadura longitudinal: f_{yℓ,d} > 400 $\frac{N}{mm^2}$

Disposición de armaduras

$$s_t \leq \frac{u_e}{8} \quad s_t \leq 0,75 \cdot a(1 + \cotg \alpha) \leq a \nlessgtr 300 \text{ mm} \quad \text{si } T_d \leq \frac{1}{5} T_{u1}$$

$$s_t \leq 0,60 \cdot a(1 + \cotg \alpha) \leq a \nlessgtr 450 \text{ mm} \quad \text{si } \frac{1}{5} T_{u1} < T_d \leq \frac{2}{3} T_{u1}$$

$$s_t \leq 0,30 \cdot a(1 + \cotg \alpha) \leq a \nlessgtr 300 \text{ mm} \quad \text{si } \frac{2}{3} T_{u1} < T_d$$



Esfuerzo efectivo de punzonamiento de cálculo

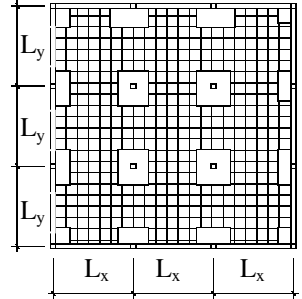
$$F_{sd,ef} = F_{sd} \cdot \beta$$

F_{sd} : Esfuerzo de Punzonamiento. Se obtendrá como la reacción del soporte, pudiendo descontarse las cargas exteriores que actúan dentro del perímetro situado a una distancia $h/2$ de la sección del soporte o área cargada.
Estimado a partir del área tributaria:

$$F_{sd} = L_x \cdot L_y (G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q)$$

β : Coeficiente que tiene en cuenta los efectos de excentricidad de la carga

$$\beta = \begin{cases} \neq \text{flexión: } 1 \\ \exists \text{ flexión: } \begin{cases} \text{Pilar interior: } 1,15 \\ \text{Pilar de borde: } 1,40 \\ \text{Pilar de esquina: } 1,50 \end{cases} \end{cases}$$



Agotamiento por compresión oblicua

$$F_{sd,ef} \leq 0,30 \cdot f_{cd} \cdot u_0 \cdot d$$

Agotamiento por tracción oblicua

SIN armadura de punzonamiento

$$F_{sd,ef} \leq \left[\frac{0,18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_\ell \cdot f_{cv})^{1/3} + 0,1 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot u_1 \cdot d = F_{cu}^S$$

$\xi \geq \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2}$

CON armadura de punzonamiento

$$F_{sd,ef} \leq F_{cu}^C + F_{su}$$

$$F_{cu}^C = 0,75 \cdot F_{cu}^S$$

$$F_{su} = 1,5 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{y\alpha,d} \cdot \text{sen } \alpha$$

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$$

$$\rho_\ell = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} \geq 0,02$$

$$\rho_x = \frac{A_{sx}}{b_y \cdot d}$$

$$\rho_y = \frac{A_{sy}}{b_x \cdot d}$$

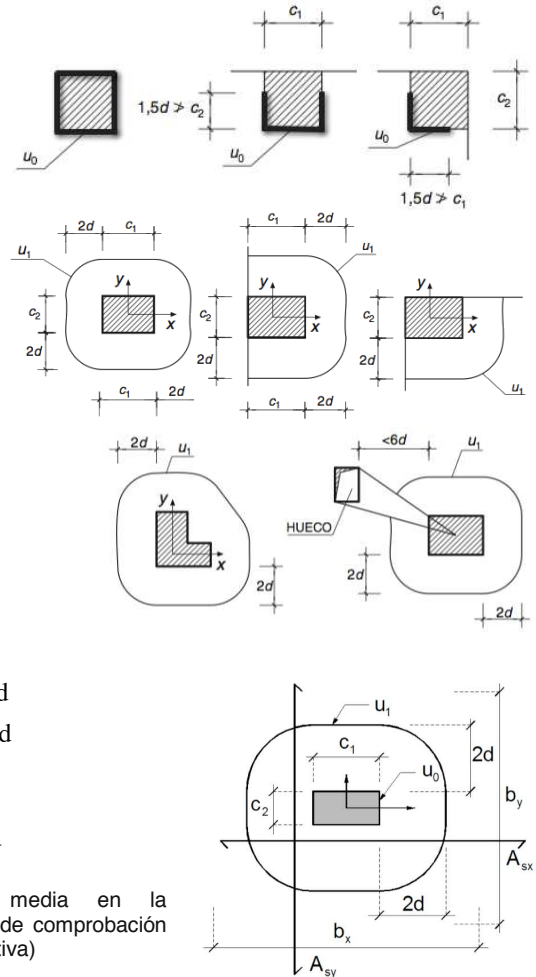
$$b_x \leq c_1 + 6 \cdot d$$

$$b_y \leq c_2 + 6 \cdot d$$

$$f_{cv} = f_{yk} \geq 60 \text{ MPa}$$

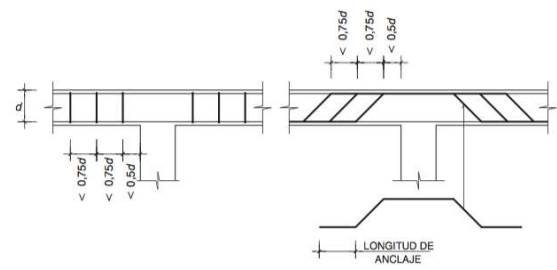
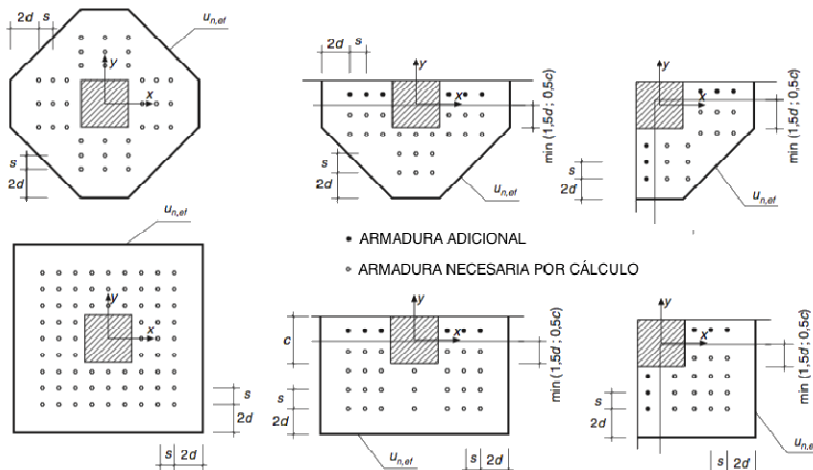
$$f_{y\alpha,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \geq 400 \text{ MPa}$$

σ'_{cd} : Tensión axial media en la superficie crítica de comprobación (compresión positiva)



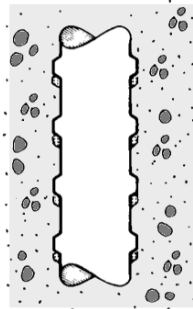
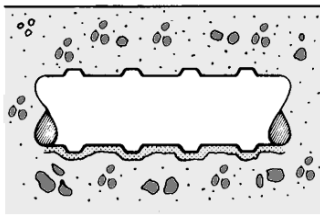
Zona exterior a la armadura de punzonamiento

$$F_{sd} \leq \tau_{rd} \cdot u_{n,ef} \cdot d$$





Longitud básica de anclaje



POSICIÓN I, de adherencia buena, a la de cualquier zona de una armadura cuyo eje forma durante el hormigonado un ángulo con la horizontal igual ó mayor de 45° ó que si el ángulo es inferior a 45°, la zona de la barra considerada está en la mitad inferior de la sección ó a una distancia igual ó mayor a 30 cm. de la cara libre de una capa de hormigonado.

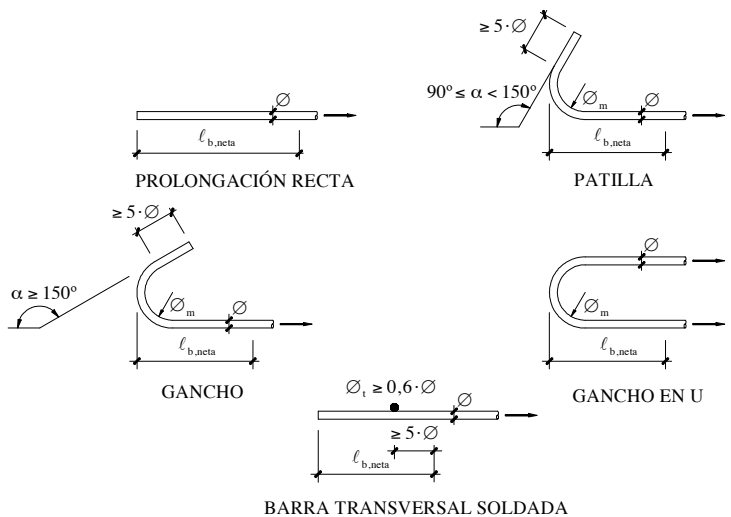
POSICIÓN II, de adherencia deficiente, la de cualquier zona de armadura que no esté en posición I.

Acero B-400S												
POSICIÓN I							POSICIÓN II					
Hormigón							Hormigón					
φ	25	30	35	40	45	50	25	30	35	40	45	50
6	15	15	15	15	15	15	17	17	17	17	17	17
8	16	16	16	16	16	16	23	23	23	23	23	23
10	20	20	20	20	20	20	29	29	29	29	29	29
12	24	24	24	24	24	24	34	34	34	34	34	34
14	28	28	28	28	28	28	40	40	40	40	40	40
16	32	32	32	32	32	32	46	46	46	46	46	46
20	48	40	40	40	40	40	67	57	57	57	57	57
25	75	63	56	50	50	50	105	88	79	71	71	71
32	123	102	92	82	72	72	172	143	129	115	100	100
40	192	160	144	128	112	112	269	224	202	179	157	157

Acero B-500S												
POSICIÓN I							POSICIÓN II					
Hormigón							Hormigón					
φ	25	30	35	40	45	50	25	30	35	40	45	50
6	15	15	15	15	15	15	21	21	21	21	21	21
8	20	20	20	20	20	20	29	29	29	29	29	29
10	25	25	25	25	25	25	36	36	36	36	36	36
12	30	30	30	30	30	30	43	43	43	43	43	43
14	35	35	35	35	35	35	50	50	50	50	50	50
16	40	40	40	40	40	40	57	57	57	57	57	57
20	60	52	50	50	50	50	84	73	71	71	71	71
25	94	81	75	69	63	63	131	114	105	96	89	89
32	154	133	123	113	102	102	215	186	172	158	143	143
40	240	208	192	176	160	160	336	291	269	246	224	224



Longitud neta de anclaje



$$l_{b,neto} = l_b \beta \frac{A_s}{A_{s,real}} \geq \begin{cases} 10\varnothing \\ 15 \text{ cm} \\ \frac{1}{3} l_b \text{ (Barras traccionadas)} \\ \frac{2}{3} l_b \text{ (Barras comprimidas)} \end{cases}$$

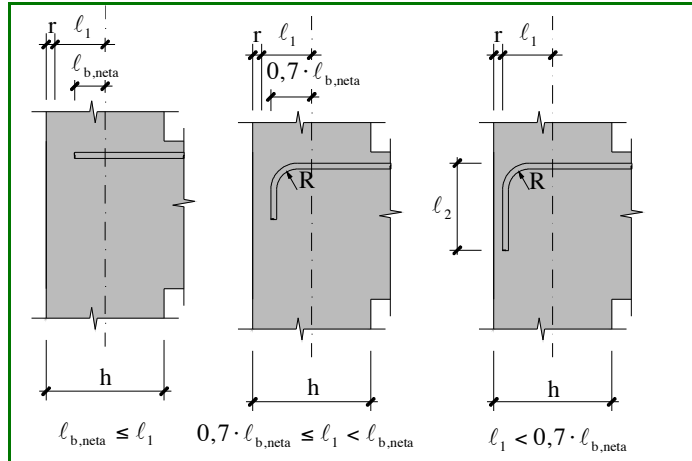
Valores de β

Tipo de anclaje	Tracción	Compresión
Prolongación recta	-1	1
Patilla, gancho y gancho en U	0,7 (*)	1
Barra transversal soldada	0,7	0,7

(*) Si el recubrimiento de hormigón perpendicular al plano de doblado es superior a 3 \varnothing . En caso contrario $\beta = 1$.

Tipos de anclajes

Anclaje apoyos

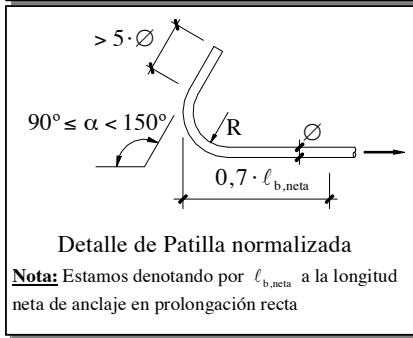


h : Canto del soporte
 r : recubrimiento ($\geq 35 \text{ mm}$)
 $l_1 = \frac{h}{2} - r$: espacio disponible para el anclaje

$$l_2 \approx \begin{cases} l_{b,neto} - l_1 & \text{Pos I} \\ (l_{b,neto} - l_1) \cdot 0,7 & \text{Pos II} \end{cases}$$

R : Radio de doblado

Patilla		Doblado en general		
$\varnothing < 20 \text{ mm}$	$\varnothing \geq 20 \text{ mm}$	f_{yk}	$\varnothing \leq 25 \text{ mm}$	$\varnothing > 25 \text{ mm}$
2 \varnothing	3,5 \varnothing	400	5 \varnothing	6 \varnothing
		500	6 \varnothing	7,5 \varnothing



✓ Aunque el anclaje en patilla requiere únicamente una longitud igual a $0,7 \cdot l_{b,neto}$, siendo $l_{b,neto}$ la longitud neta de anclaje en prolongación recta, es costumbre, y además buena práctica, prolongar la patilla hasta el extremo de la pieza (cumpliendo los recubrimientos).

**Resistencia a compresión de una amasada**

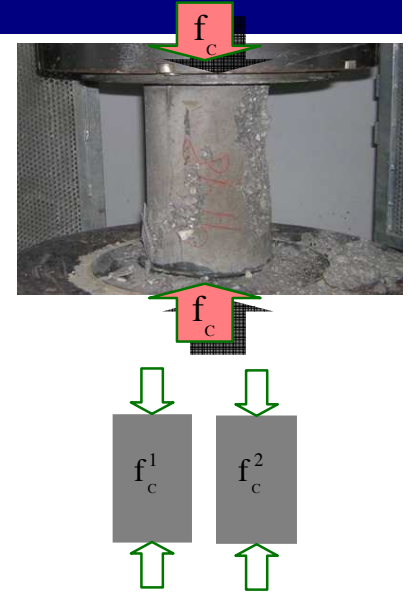
Se obtiene a partir de, al menos, dos roturas, y se toma como resultado el valor medio:

$$f_c = \frac{f_c^1 + f_c^2}{2}$$

No se consideraran los ensayos cuando los resultados de las probetas presenten las siguientes desviaciones:

$$\text{Para dos probetas: } r = \frac{f_c^2 - f_c^1}{(f_c^1 + f_c^2)/2} \leq 0,13$$

$$\text{Para tres probetas: } r = \frac{f_c^3 - f_c^1}{(f_c^1 + f_c^2 + f_c^3)/3} \leq 0,20$$

**Control al 100 por 100**

La resistencia estimada es la real del hormigón y viene dada por el valor de resistencia que ocupa uno de los siguientes lugares en la serie de todos los valores ordenados de menor a mayor:

Numero de amasadas N	Lugar del valor característico (ordenados de menor a mayor)
≤ 20	1º
$20 < N \leq 40$	2º
$40 < N \leq 60$	3º

Control estadístico.

- Número mínimo de amasadas
 - ↯ Si $f_{ck} \leq 25 \text{ N/mm}^2 \rightarrow N \geq 2$
 - ↯ Si $25 \text{ N/mm}^2 \leq f_{ck} \leq 35 \text{ N/mm}^2 \rightarrow N \geq 4$
 - ↯ Si $f_{ck} \geq 35 \text{ N/mm}^2 \rightarrow N \geq 6$



□ Resistencia estimada

Se ordenan las resistencias de las N amasadas de cada lote de menor a mayor:

$$X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_m \leq \dots \leq X_N$$

↷ Si $N < 6 \Rightarrow f_{est} = K_N \cdot X_1$

↷ Si $N \geq 6 \Rightarrow f_{est} = 2 \cdot \frac{(X_1 + X_2 + \dots + X_{m-1})}{m-1} - X_m \neq K_N \cdot X_1$

Valores de K_N

N	Hormigones fabricados en central							Otros casos
	Clase A			Clase B		Clase C		
	Recorrido relativo máximo, r	K_N		Recorrido relativo máximo, r	K_N	Recorrido relativo máximo, r	K_N	
Con sello de Calidad		Sin sello de Calidad						
2	0.29	0.93	0.90	0.40	0.85	0.50	0.81	0.75
3	0.31	0.95	0.92	0.46	0.88	0.57	0.85	0.80
4	0.34	0.97	0.94	0.49	0.90	0.61	0.88	0.84
5	0.36	0.98	0.95	0.53	0.92	0.66	0.90	0.87
6	0.38	0.99	0.96	0.55	0.94	0.68	0.92	0.89
7	0.39	1.00	0.97	0.57	0.95	0.71	0.93	0.91
8	0.40	1.00	0.97	0.59	0.96	0.73	0.95	0.93

X_1 : Resistencia de la amasada de menor resistencia.

X_m : Resistencia de la amasada ordenada con el numero de orden m.

X_{m-1} : Resistencia de la amasada ordenada con el numero de orden m-1.

m: puede tomar los dos valores siguientes dependiendo de si N es par o impar:

$N/2$, si N es par.

$(N-1)/2$, si N es impar.

r: recorrido relativo de las resistencias de las N amasadas controladas del lote: $r = \frac{(X_N - X_1)}{X_{med}}$

siendo:

X_1 : Resistencia de la amasada de menor resistencia.

X_N : Resistencia de la amasada de mayor resistencia.

X_{med} : Resistencia media de todas las amasadas controladas del lote.