



6. ACEROS PARA HORMIGÓN

6.1. BARRAS CORRUGADAS

IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE ACERO.

Se normalizan y certifican los siguientes tipos de acero, que se pueden distinguir por la disposición de las corrugas:

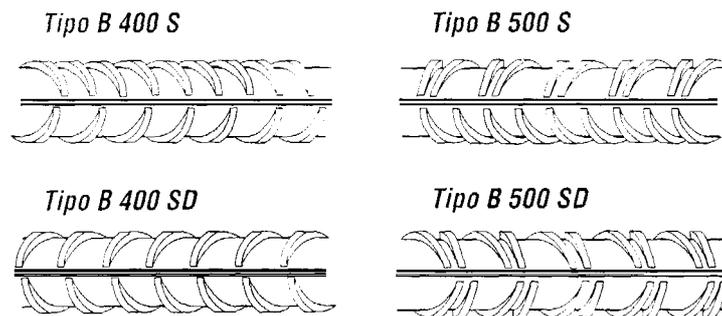


Tabla 6-1 Barras Corrugadas - Identificación del tipo de acero

Características	Barras corrugadas			
	B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Tipo de acero	B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Norma de producto	UNE 36068	UNE 36068	UNE 36065	UNE 36065
Límite elástico R_e (MPa)	400	500	400	500
Carga unitaria de rotura R_m (MPa)	440	550	480	575
Relación R_m / R_e	1.05	1.05	≥ 1.20 ≤ 1.35	≥ 1.15 ≤ 1.35
Relación R_e real / R_e nominal	----	----	≤ 1.20	≤ 1.25
Alargamiento de rotura A_5 (%)	14	12	20	16
Alargamiento total bajo carga máxima A_{gt} (%)	----	----	9	8

6.1.1. BARRAS CORRUGADAS DE ACERO SOLDABLE PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36 068-94

DEFINICIONES:

- Corrugas: Estrías, resaltos o nervaduras discontinuas y no paralelas al eje longitudinal de la barra.
- Aletas: Resaltos continuos, paralelos al eje longitudinal de la barra y diametralmente opuestos.
- Núcleo: Parte de la barra no afectada por las corrugas ni por las aletas.



- **Altura máxima de la corruga (a) o de la aleta (a₁):** Distancia existente entre el punto más alto de la corruga o de la aleta y el núcleo de la barra, medida en dirección normal al eje de la barra y en un plano que contenga a dicho eje y a la mencionada normal.
- **Separación de corrugas (c):** Distancia existente entre los planos ortogonales al eje de la barra que pasan por los puntos homólogos de dos corrugas consecutivas.
- **Inclinación de la corruga (b):** Ángulo que forma el eje de la corruga con el eje longitudinal de la barra.
- **Perímetro sin corrugas (Sf):** Longitud, medida en la proyección de la barra sobre un plano ortogonal a su eje, de los arcos de la circunferencia del núcleo sobre los que no se proyectan las corrugas (a efectos prácticos se sustituye la medición del arco por su cuerda).
- **Diámetro nominal:** Número nominal, a partir del cual se establecen las tolerancias. A partir del diámetro nominal, se determinan los valores nominales del área de la sección recta transversal y de la masa por metro lineal, adoptando convencionalmente, como masa específica del acero, el valor 7.85 kg/dm³.
- **Valor característico:** A efectos de aplicación, se considera como valor característico el límite inferior del intervalo estadístico de tolerancia para el que existe el 90% de probabilidad de que el 95% de los valores obtenidos no sean inferiores a dicho valor. Esta definición se refiere al nivel de calidad, a largo plazo, del producto.
- **Valor especificado:** El valor especificado (valor garantizado) es el valor fijado para cada característica. Para considerar que una unidad de inspección cumple las especificaciones establecidas, es preciso que la estimación de su valor sea igual o superior al valor especificado.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Los límites especificados para la composición química, referida al análisis de colada, y los valores admisibles en el análisis de producto se indican en la siguiente tabla:

Tabla 6-2 Composición química: Tipos B400S y B500S

Análisis	C % máx.	C _{eq} ¹⁾ % máx.	P % máx.	S % máx.	N ²⁾ % máx.
Colada	0.22	0.50	0.050	0.050	0.012
Producto	0.24	0.52	0.055	0.055	0.013

1) $%C_{eq} = %C + (%Mn/6) + ((%Cr + %Mo + %V)/5) + ((%Ni + %Cu)/15)$
 2) Si existen elementos fijadores del nitrógeno, tales como aluminio, vanadio, etc., en cantidad suficiente, se pueden admitir contenidos superiores.

MARCAS DE IDENTIFICACIÓN:

El acero se identificará mediante la disposición de las corrugas en los dos sectores opuestos de la barra.

- Acero B 400 S: Las corrugas de cada uno de los dos sectores opuestos presentan diferente separación. Todas las corrugas tendrán la misma inclinación.
- Acero B 500 S: Las corrugas de un sector presentan una misma inclinación y están uniformemente separadas. Las corrugas del sector opuesto están agrupadas en dos series de corrugas, de igual separación pero distinta inclinación.

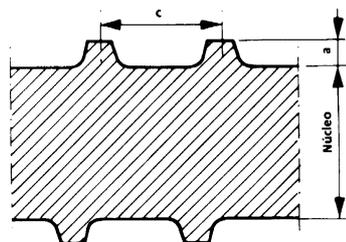




Tabla 6-3 Barras Corrugadas - Características mecánicas: Ensayo de tracción

Tipo de Acero	R_e ^{1) 2) 3)}	R_m ^{1) 2) 3)}	A_g ^{2) 4)}	R_m / R_e ⁵⁾ min.
	MPa	MPa	%	
B 400 S	400	440	14	1.05
B 500 S	500	550	12	1.05

1) 1 MPa = 1 N/mm² = 0.102 kgf/mm².
 2) Valor característico especificado.
 3) Para el cálculo de las cargas unitarias (tensiones) se utilizará la sección nominal.
 4) El alargamiento total bajo carga máxima será superior al 5%.
 5) Relación mínima admisible entre los valores de la resistencia a tracción y el límite elástico obtenidos en cada ensayo.

Tabla 6-4 Barras Corrugadas - Geometría del corrugado

Diámetro nominal mm	Altura mínima de corrugas ¹⁾ mm	Separación de corrugas ²⁾			Índice f, de las corrugas min.
		Acero B 400 S		Acero B 500 S	
		C ₁	C ₂	C	
6	0.39	5.8	4.2	5.0	0.039
8	0.52	6.6	4.8	5.7	0.045
10	0.65	7.5	5.5	6.5	0.052
12	0.78	8.3	6.1	7.2	0.056
14	0.91	9.7	7.1	8.4	0.056
16	1.04	11.0	8.2	9.6	0.056
20	1.30	13.8	10.2	12.0	0.056
25	1.63	17.3	12.7	15.0	0.056
32	2.08	22.1	16.3	19.2	0.056
40	2.60	27.6	20.4	24.0	0.056

1) Medida en el centro de la corruga.
 2) Tolerancia: ± 15% para diámetros superiores a 8mm y ± 20% para los diámetros de 6mm y 8mm.

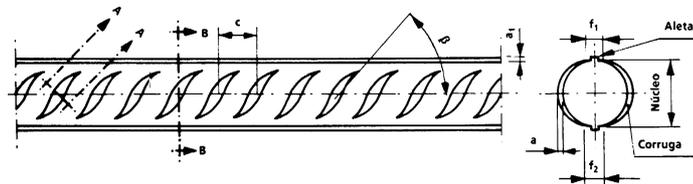
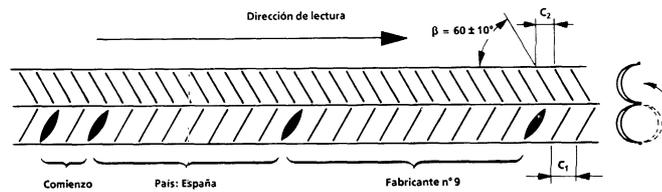
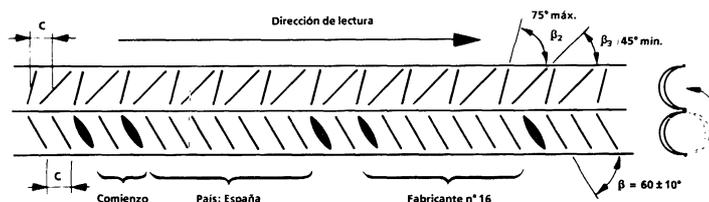


Tabla 6-5 Barras Corrugadas - Medidas nominales

Diámetro nominal mm	Área de la sección transversal S mm ²	Masa kg/m
6	28.3	0.222
8	50.3	0.395
10	78.5	0.617
12	113	0.888
14	154	1.21
16	201	1.58
20	314	2.47
25	491	3.85
32	804	6.31
40	1260	9.86



Grabado del tipo de acero B400S



Grabado del tipo de acero B500S



Tabla 6-6 Barras Corrugadas - Características de adherencia (valores mínimos)

Diámetro nominal mm	Tensión media τ_m MPa	Tensión de rotura τ_u MPa
inferior a 8	6.90	11.30
de 8 a 32	7.80 – 0.12d	12.70 – 0.19d
superior a 32	4.10	6.80

Tabla 6-7 Barras Corrugadas - Coeficiente de aceptación k en función del tamaño de la muestra

n	k	n	k
5	3.40	30	2.08
6	3.09	40	2.01
7	2.89	50	1.97
8	2.75	60	1.93
9	2.65	70	1.90
10	2.57	80	1.89
11	2.50	90	1.87
12	2.45	100	1.86
13	2.40	150	1.82
14	2.36	200	1.79
15	2.33	250	1.78
16	2.30	300	1.77
17	2.27	400	1.75
18	2.25	500	1.74
19	2.23	1000	1.71
20	2.21	∞	1.64

TOLERANCIAS:

- **Tolerancia en masa:** Las desviaciones admisibles en la masa, respecto a los valores nominales, se indican en la siguiente tabla.

Tabla 6-8 Barras Corrugadas - Tolerancia en masa

Diámetro nominal mm	Tolerancia en masa %
Desde 6 hasta 40	± 4.5

NOTA: Los valores a los cuales se refiere este apartado tienen exclusivamente un carácter técnico, para la clasificación de una unidad de inspección como conforme o no conforme. No se refieren ni a las posibles variaciones de peso, respecto al pedido, ni a las diferencias de pesada por expedición.

- **Tolerancia en ovalidad:** En las barras corrugadas rectas, la diferencia entre los diámetros máximo y mínimo de un misma sección recta, sin tener en cuenta las corrugas ni, las aletas cuando existan, no será superior a los valores indicados en la siguiente tabla.

Tabla 6-9 Barras Corrugadas - Tolerancia en ovalidad

Diámetro nominal mm	Diferencia máxima mm
6	1
8	
10	
12	1.50
14	
16	
20	2.00
25	
32	
40	2.50

- **Tolerancia en longitud:** Si las barras se solicitan a longitud fija, la desviación admisible respecto a la longitud solicitada, será de $^{+200}_0$ mm.



6.1.2. BARRAS CORRUGADAS DE ACERO SOLDABLE CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE DUCTILIDAD PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36065 EX.

- **Ductilidad:** Capacidad de un acero para deformarse plásticamente sin romperse una vez superado su límite elástico. A efectos de este tipo de barras, la ductilidad se caracteriza mediante los siguientes parámetros: alargamiento de rotura, alargamiento bajo carga máxima y la relación entre la carga de rotura y el límite elástico.

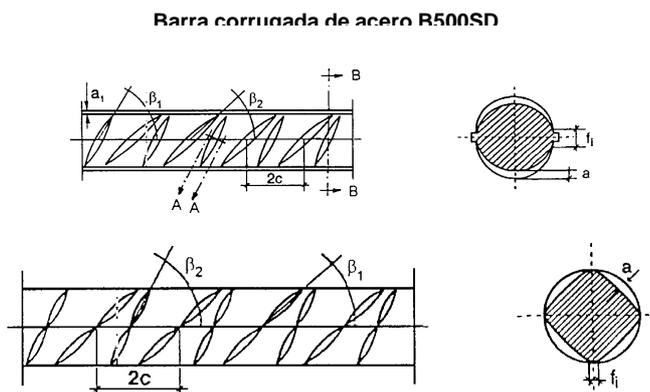
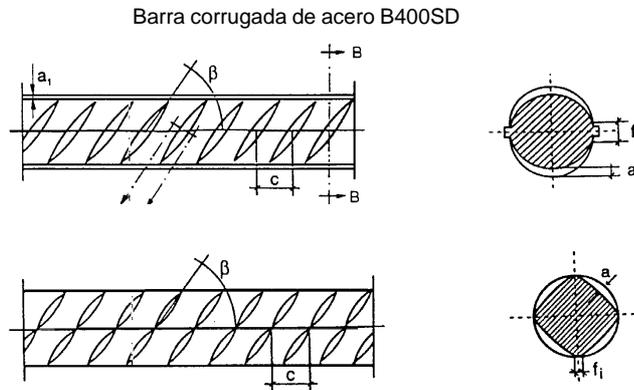


Tabla 6-10 Barras corrugadas SD- Composición química

Análisis	C % máx.	C _{eq} ¹⁾ % máx.	P % máx.	S % máx.	N ²⁾ % máx.
Colada	0.22	0.50	0.050	0.050	0.012
Producto	0.24	0.52	0.055	0.055	0.013

1) %C_{eq} = %C + (%Mn/6) + ((%Cr + %Mo + %V)/5) + ((%Ni + %Cu)/15).
 2) Se pueden sobrepasar los valores especificados a condición de que por cada 0.001% de aumento en nitrógeno, el contenido máximo en fósforo se reduzca en 0.005% sobre el valor máximo especificado. En cualquier caso, el contenido en nitrógeno, en el análisis de producto, no debe sobrepasar el 0.014%.

Tabla 6-11 Barras Corrugadas SD - Características mecánicas: Ensayo de tracción

Tipo de acero	R _e ^{1) 2)} MPa	R _m ^{1) 2)} MPa	R _e real ³⁾ /R _e nominal	A ₅ ¹⁾ %	A _{GT} ¹⁾ %	R _m / R _e ¹⁾
B 400 SD	400	480	≤ 1.20	≥ 20	9	≥ 1.20 ≤ 1.35 ³⁾
B 500 SD	500	575	≤ 1.25	≥ 16	8	≥ 1.15 ≤ 1.35 ³⁾

1) Valor característico específico.
 2) Para el cálculo de las cargas unitarias (tensiones) se utilizará la sección nominal.
 3) Valor real obtenido en ensayo.
 Para R_e y R_m fractil del 5% (nivel de calidad del 95% y nivel de confianza del 90%). Para A₅ y R_m / R_e fractil del 10% (nivel de calidad del 90% y nivel de confianza del 90%).



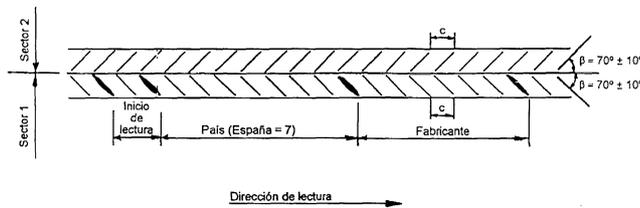
Tabla 6-12 Barras Corrugadas SD- Medidas nominales

Diámetro nominal mm	Área de la sección transversal s mm ²	Masa kg/m
6	28.3	0.222
8	50.3	0.395
10	78.5	0.617
12	113	0.888
14	154	1.21
16	201	1.58
20	314	2.47
25	491	3.85
32	804	6.31
40	1260	9.86

Tabla 6-13 Barras Corrugadas SD – Características de adherencia (valores mínimos)

Diámetro nominal mm	Tensión media τ_m MPa	Tensión de rotura τ_u MPa
inferior a 8	6.90	11.30
de 8 a 32	7.80 – 0.12d	12.70 – 0.19d
superior a 32	4.10	6.80

Identificación del tipo de acero B 400 SD, país y fabricante



Identificación del tipo de acero B 500 SD, país y fabricante

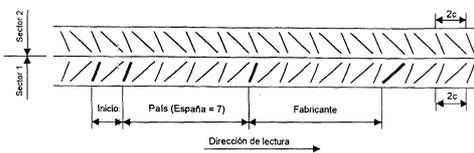


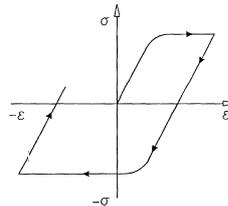
Tabla 6-14 Barras Corrugadas SD - Coeficiente k de aceptación en función del tamaño (n) de la muestra (para un nivel de calidad del 95% y un nivel de confianza del 90%)

n	k	n	k
5	3.40	30	2.08
6	3.09	40	2.01
7	2.89	50	1.97
8	2.75	60	1.93
9	2.65	70	1.90
10	2.57	80	1.89
11	2.50	90	1.87
12	2.45	100	1.86
13	2.40	150	1.82
14	2.36	200	1.79
15	2.33	250	1.78
16	2.30	300	1.77
17	2.27	400	1.75
18	2.25	500	1.74
19	2.23	1000	1.71
20	2.21	∞	1.64



Tabla 6-15 Barras Corrugadas SD - Coeficiente k de aceptación para A_{gt} y R_m y R_e en función del tamaño (n) de la muestra (para un nivel de calidad del 90% y un nivel de confianza del 90%)

n	k	n	k
5	2.74	30	1.66
6	2.49	40	1.60
7	2.33	50	1.56
8	2.22	60	1.53
9	2.13	70	1.51
10	2.07	80	1.49
11	2.01	90	1.48
12	1.97	100	1.47
13	1.93	150	1.43
14	1.90	200	1.41
15	1.87	250	1.40
16	1.84	300	1.39
17	1.82	400	1.37
18	1.80	500	1.36
19	1.78	1000	1.34
20	1.77	∞	1.282



TOLERANCIAS:

- Tolerancia en masa: Las desviaciones admisibles en la masa, respecto a los valores nominales, se indican en la siguiente tabla.

Tabla 6-16 Barras Corrugadas - Tolerancia en masa

Díámetro nominal mm	Tolerancia en masa %
Desde 6 hasta 40	± 4.5

NOTA: Los valores a los cuales se refiere este apartado tienen exclusivamente un carácter técnico, para la clasificación de una unidad de inspección como conforme o no conforme. No se refieren ni a las posibles variaciones de peso, respecto al pedido, ni a las diferencias de pesada por expedición.

- Tolerancia en longitud: Si las barras se solicitan a longitud fija, la desviación admisible respecto a la longitud solicitada, será de $^{+200}_0$ mm.

6.2. ALAMBRÓN PARA PRODUCTOS DE ACERO PARA HORMIGÓN

6.2.1. ALAMBRÓN DE ACERO NO ALEADO, DESTINADO A LA FABRICACIÓN, POR DEFORMACIÓN EN FRÍO, DE ALAMBRES LISOS O CORRUGADOS PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36 066.

DEFINICIONES:

- Alambrón: Producto laminado en caliente de sección maciza redonda, elíptica o poligonal, de diámetro, o dimensión nominal de su sección no inferior a 5mm, presentado en rollos.
- Alambre: Producto de sección maciza, procedente de un proceso de deformación en frío (estirado, trefilado o laminación) del alambrón. Normalmente se presenta en rollos.



- **Diámetro nominal:** Es el número convencional respecto al cual se establecen las tolerancias. A partir del diámetro nominal se obtienen los valores nominales del área de la sección y de la masa por metro lineal.
- **Ovalidad:** Diferencia entre los diámetros máximo y mínimo de una misma sección recta.

Tabla 6-17 Alambros de acero - Dimensiones nominales y tolerancias

Diámetro d mm	Tolerancia sobre		Sección S mm ²	Masa kg/m
	d mm	Ovalidad máxima mm		
5.0	± 0.3	0.5	19.63	0.15
5.5			23.76	0.19
6.0			28.27	0.22
6.5			33.18	0.26
7.0			38.48	0.30
7.5			44.18	0.35
8.0	± 0.4	0.6	50.27	0.39
8.5			56.75	0.45
9.0			63.62	0.45
9.5			70.88	0.56
10.0			78.54	0.62
10.5			86.59	0.68
11.0	± 0.4	0.7	95.03	0.75
11.5			103.9	0.82
12.0			113.1	0.89
12.5			122.7	0.96
13.0			132.7	1.04
13.5			143.1	1.12
14.0	± 0.4	0.7	153.9	1.21
14.5			165.1	1.30
15.0			176.7	1.39
15.5			188.7	1.48
16.0			201.1	1.58

Los valores nominales del diámetro, de la sección y de la masa, así como las tolerancias sobre diámetro y ovalidad son las que se indican en la tabla anterior. Las medidas de tolerancia en diámetro y ovalidad se comprobarán en probetas tomadas, como mínimo, a una distancia de 10m de los extremos de los rollos.

6.3. ALAMBRES TREFILADOS (LISOS – CORRUGADOS)

6.3.1. ALAMBRES LISOS DE ACERO PARA MALLAS ELECTROSOLDADAS Y PARA ARMADURAS BÁSICAS PARA VIGUETAS ARMADAS. UNE 36 731:96.

DEFINICIONES:

- **Unidad de inspección:** Conjunto de alambres lisos de acero para mallas electrosoldadas y para armaduras básicas para viguetas armadas, del mismo tipo de acero y del mismo diámetro nominal, pertenecientes a una misma colada, que se inspeccionan o controlan conjuntamente y que son susceptibles de aceptarse o rechazarse conjuntamente.

Tabla 6-18 Alambres Trefilados (Lisos – Corrugados) - Características mecánicas

Designación		Ensayo de tracción ¹⁾				Ensayo de doblado-desdoblado $\alpha = 90^\circ$ ⁴⁾ $\beta = 20^\circ$ ⁵⁾
Antigua	Nueva	R _{p0.2} Mpa	R _m MPa	A % L ₀ = 5 do ²⁾	R _m / R _{p0.2} ³⁾	Diámetro de mandril D' 8d
AEH 500 T	B 500 T	500	550			

1) Valores característicos inferiores garantizados.
 2) A% = 20 - 0.02 r_{pr}, y no menor al 8%, donde R_{pr} es el límite medido en cada ensayo.
 3) r_{mr} / r_{pr} = 1.05 - 0.1 [r_{pr} / r_p - 1] no menor de 1.03, donde R_p y R_{mr} son los valores obtenidos en cada ensayo.
 4) α = ángulo de doblado.
 5) β = ángulo de desdoblado.

Tabla 6-19 Alambres Trefilados (Lisos – Corrugados) - Medidas nominales

Diámetro d mm	Área de la sección recta S mm ²	Masa por metro lineal M kg/m
4.0 ¹⁾	12.6	0.099
5.0	19.6	0.154
6.0	28.3	0.222
7.0	38.5	0.302
8.0	50.3	0.395
9.0	63.3	0.499
10.0	78.5	0.617
12.0	113	0.888

1) Para el empleo exclusivo en armaduras básicas para viguetas armadas, fabricadas en instalaciones industriales fijas.

Tabla 6-20 Alambres Trefilados (Lisos – Corrugados) - Coeficiente de aceptación k en función del tamaño de la muestra para p = 0 0.95 y 1-x = 0.90

n	k	n	k
5	3.40	30	2.08
6	3.09	40	2.01
7	2.89	50	1.97
8	2.75	60	1.93
9	2.65	70	1.90
10	2.57	80	1.89
11	2.50	90	1.87
12	2.45	100	1.86
13	2.40	150	1.82
14	2.36	200	1.79
15	2.33	250	1.78
16	2.30	300	1.77
17	2.27	400	1.75
18	2.25	500	1.74
19	2.23	1000	1.71
20	2.21	∞	1.64

TOLERANCIAS:

- **Tolerancias en masa y en área de la sección recta transversal:** Los valores tienen exclusivamente un carácter técnico para aceptación o rechazo de inspección.

Tabla 6-21 Alambres Trefilados (Lisos – Corrugados) - Tolerancia en masa

Diámetro nominal mm	Tolerancia en masa y sección recta transversal %
Desde 4 hasta 12	± 4.5

- **Tolerancia en longitud:** Las desviaciones admisibles en los alambres enderezados y cortados a longitud fija serán: +5 % , con un máximo de +100mm.

6.3.2. ALAMBRES CORRUGADOS DE ACERO PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36 099: 1996

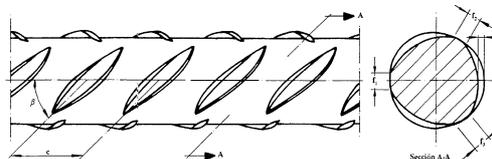


Tabla 6-22 Alambres Corrugados (Lisos – Corrugados) - Características mecánicas

Designación		Ensayo de tracción ¹⁾				Ensayo de doblado-desdoblado $\alpha = 90^\circ$ ⁴⁾ $\beta = 20^\circ$ ⁵⁾
Antigua	Nueva	R _{p0.2} MPa	R _m MPa	A % L ₀ = 5 do ²⁾	R _m / R _{p0.2} ³⁾	Diámetro de mandril D' 8d
AEH 500 T	B 500 T	500	550			

1) Valores característicos inferiores garantizados.
 1) A% = 20 - 0.02 R_{pr}, y no menor al 8%, donde R_p es el límite medido en cada ensayo.
 2) R_m / R_{pr} = 1.05 - 0.1 [R_{pr} / R_p - 1] no menor de 1.03, donde R_p y R_m son los valores obtenidos en cada ensayo.
 3) α = ángulo de doblado.
 4) β = ángulo de desdoblado.



Tabla 6-23 Alambres Corrugados (Lisos – Corrugados) - Características de adherencia

Diámetro d mm	Tensión media τ_m N/mm ²	Tensión de rotura τ_u N/mm ²
inferior a 8	6.90	11.30
igual o superior a 8	7.80 – 0.12d	12.70 – 0.19d

Tabla 6-24 Alambres Corrugados (Lisos – Corrugados) - Medidas nominales

Diámetro nominal mm	Área de la sección recta mm ²	Masa por metro lineal kg/m
5.0	19.6	0.15
6.0	28.3	0.22
7.0 ¹⁾	38.5	0.30
8.0	50.3	0.39
9.0	63.3	0.50
10.0	78.5	0.62
12.0	113	0.89

1) Para el empleo exclusivo en mallas electrosoldadas (Norma UNE 36092) y otras armaduras prefabricadas en instalaciones industriales fijas.

Tabla 6-25 Alambres Corrugados (Lisos – Corrugados) - Coeficiente de aceptación k en función del tamaño de la muestra para p = 0.95 y 1-x = 0.90

n	k	n	k
5	3.40	30	2.08
6	3.09	40	2.01
7	2.89	50	1.97
8	2.75	60	1.93
9	2.65	70	1.90
10	2.57	80	1.89
11	2.50	90	1.87
12	2.45	100	1.86
13	2.40	150	1.82
14	2.36	200	1.79
15	2.33	250	1.78
16	2.30	300	1.77
17	2.27	400	1.75
18	2.25	500	1.74
19	2.23	1000	1.71
20	2.21	∞	1.64

TOLERANCIAS:

- Tolerancias en masa y en área de la sección recta transversal: Los valores de la tolerancia tabulados en este apartado tienen exclusivamente un carácter técnico para aceptación o rechazo de una unidad de inspección.

Tabla 6-26 Alambres Corrugados (Lisos – Corrugados) - Tolerancia en masa

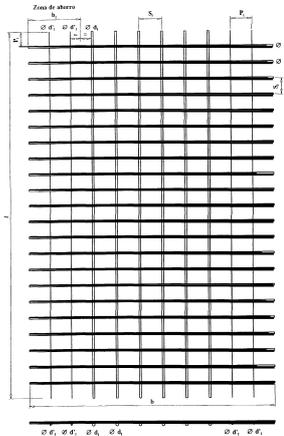
Diámetro nominal mm	Tolerancia en masa y sección recta transversal %
Desde 5 hasta 12	± 4.5

- Tolerancia en longitud: Las desviaciones admisibles en los alambres enderezados y cortados a longitud fija serán: $^{+5}_0$ %, con un máximo de +100mm.
- Geometría del corrugado: Los valores que definen la geometría del corrugado se indicarán en el certificado de homologación de adherencia y estarán sujetos a las tolerancias indicadas en dicho certificado.

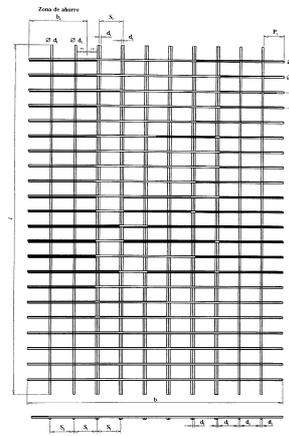


6.4. MALLAS ELECTROSOLDABLES DE ACERO PARA HORMIGÓN ARMADO.

6.4.1. MALLAS ELECTROSOLDABLES DE ACERO PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36 092: 1996.



Mallas simple



Mallas dobles

DEFINICIONES:

- **Malla electrosoldada:** Es el producto formado por dos sistemas de elementos (barras y alambres) que se cruzan entre sí perpendicularmente y cuyos puntos de contacto están unidos mediante soldadura eléctrica por un proceso de producción en serie en instalación fija. En las mallas no cuadradas se definen como elementos longitudinales a los de mayor longitud. Atendiendo a los elementos longitudinales se distinguen:
 - **Malla simple:** El sistema longitudinal está constituido por una serie de elementos individuales.
 - **Malla doble:** El sistema longitudinal está constituido por parejas de elementos tangentes.
- **Elemento:** Cada una de las barras o alambres individuales que componen la malla. En particular se denomina elemento de borde a cada uno de los elementos extremos de cada panel.
- **Separación de elementos S_l y S_t :**
 - **En malla simple:** Es la separación entre los ejes de dos elementos consecutivos longitudinales (S_l) o transversales (S_t).
 - **En malla doble:** La separación entre los ejes de simetría de dos parejas consecutivas de elementos.
- **Salientes (P_l y P_t):** Son las longitudes que sobresalen de los elementos de borde.
- **Zona de ahorro:** Es la parte de la malla compuesta por elementos de diferente diámetro y/o separación que el resto de la misma. Se define por el número, diámetro y separación de elementos que la componen. Las zonas de ahorro se localizan en los extremos longitudinales del panel. Las longitudes de las zonas de ahorro (b_z) se definen como la distancia desde el extremo del saliente hasta el punto medio de la retícula formada por la última barra y la primera de diámetro normal.
- **Panel:** Es una malla electrosoldada de longitud y anchura determinados.
- **Longitud del panel (l):** Es la de sus elementos longitudinales.
- **Anchura de panel (b):** Es la longitud de los elementos transversales. Se designa por b_n la longitud de la anchura menos la longitud de la zona de ahorro transversal ($b_n = b - 2b_z$).
- **Sección de acero por metro lineal:** Es el área total de los elementos longitudinales (S_l) o transversales (S_t) comprendidos en 1 m lineal del panel fuera de la zona de ahorro. S_l se determina dividiendo por b_n la suma de las áreas de los elementos longitudinales comprendidos en la distancia b_n . S_t se determina dividiendo por l la suma de las áreas de los elementos longitudinales comprendidos en la distancia l .



· Masa nominal del panel: Es el número convencional obtenido sumando la masa nominal de todos los elementos del panel (incluidos los elementos de ahorro).

Tabla 6-27 Mallas Electrosoldables de acero para hormigón armado - Mallas estándar

$S_t = S_l$	$S_t = S_l / 2$
15 x 15 Ø 5 – 5	15 x 30 Ø 5 – 5
15 x 15 Ø 6 – 6	15 x 30 Ø 6 – 6
15 x 15 Ø 8 – 8	15 x 30 Ø 8 – 8
15 x 15 Ø 10 – 10	15 x 30 Ø 10 – 10
20 x 20 Ø 8 – 8	
30 x 30 Ø 5 – 5	

**Tabla 6-28 Mallas Electrosoldables de acero para hormigón armado
Composición de las mallas estándar ¹⁾**

Tipo de malla	Nº de elementos principales longitudinales ²⁾	Nº de elementos de ahorro en cada borde	Diámetros de los elementos de ahorro	Nº de elementos transversales
$S_t = S_l$	15 x 15 Ø 5 – 5	15	----	40
	15 x 15 Ø 6 – 6	15	----	40
	15 x 15 Ø 8 – 8	11	2	6
	15 x 15 Ø 10 – 10	9	3	8
	20 x 20 Ø 8 – 8	7	2	6
	30 x 30 Ø 5 – 5	8	----	20
$S_t = S_l / 2$	15 x 30 Ø 5 – 5	15	----	20
	15 x 30 Ø 6 – 6	15	----	20
	15 x 30 Ø 8 – 8	11	2	6
	15 x 30 Ø 10 – 10	11	2	8

1) Medidas estándar de los paneles 6.00m x 2.20m.
2) En este número no se incluyen los elementos de ahorro, cuando los haya.

**Tabla 6-29 Mallas Electrosoldables de acero para hormigón armado
Masa nominal de paneles estándar ²⁾**

Tipo de malla	Masa por panel kg	Secciones de acero por metro lineal ¹⁾ cm ² /m	
		Longitudinal	Transversal
$S_t = S_l$	15 x 15 Ø 5 – 5	27.44	1.31
	15 x 15 Ø 6 – 6	39.52	1.89
	15 x 15 Ø 8 – 8	66.09	3.35
	15 x 15 Ø 10 – 10	101.8	5.24
	20 x 20 Ø 8 – 8	47.94	2.51
	30 x 30 Ø 5 – 5	14.18	0.65
$S_t = S_l / 2$	15 x 30 Ø 5 – 5	20.65	1.31
	15 x 30 Ø 6 – 6	29.74	1.89
	15 x 30 Ø 8 – 8	48.73	3.35
	15 x 30 Ø 10 – 10	77.29	5.24

1) A título informativo.
2) Medidas estándar de los paneles 6.00m x 2.20m.

**Tabla 6-30 Mallas Electrosoldables de acero para hormigón armado
Coeficiente de aceptación k en función del tamaño de la muestra**

n	k	n	k
5	3.40	30	2.08
6	3.09	40	2.01
7	2.89	50	1.97
8	2.75	60	1.93
9	2.65	70	1.90
10	2.57	80	1.89
11	2.50	90	1.87
12	2.45	100	1.86
13	2.40	150	1.82
14	2.36	200	1.79
15	2.33	250	1.78
16	2.30	300	1.77
17	2.27	400	1.75
18	2.25	500	1.74
19	2.23	1000	1.71
20	2.21	∞	1.64

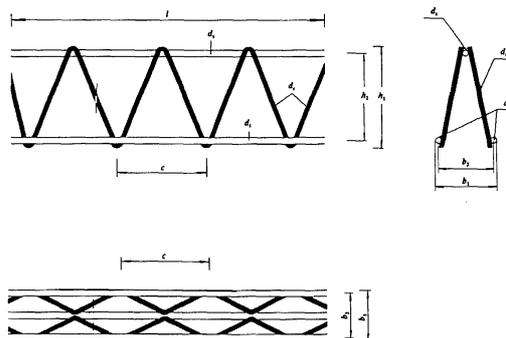


TOLERANCIAS:

- **Dimensiones del panel:** Todo panel deberá quedar comprendido entre dos rectángulos concéntricos y paralelos definidos por las longitudes $l \pm 0.005l$ (si $l \leq 5m$ el segundo término se tomará igual a 25mm) y de anchura $b \pm 0.005b$, sin que ningún elemento individual pueda sobresalir o no alcanzar dichos rectángulos.
- **Salientes:** La longitud de los salientes tendrá una tolerancia de $\pm 15mm$.
- **Separaciones entre elementos:** La tolerancia en la separación entre los elementos será de $\pm 10mm$.
- **Número de soldaduras despegadas:** Un nudo despegado es aquel en el que los alambres se encuentran físicamente separados. Los nudos despegados no se consideran a efectos de cálculo del valor medio de la carga de despegue. El número máximo admisible de nudos despegados, será del 2% del número total de nudos del panel (redondeado siempre a la unidad superior). En una misma barra no se admitirá mas del 20% de nudos despegados del total de nudos de la barra (redondeado siempre a la unidad superior).
- **Tolerancias de los elementos:** Cada elemento individual cumplirá con lo especificado en la norma UNE correspondiente a dicho elemento en lo relativo a características geométricas y ponderales.

6.5. ARMADURAS BÁSICAS.

6.5.1. ARMADURAS BÁSICAS DE ACERO ELECTROSOLDADAS EN CELOSÍA PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36739 EX: 1995



Armadura básica electrosoldada en celosía

DEFINICIONES:

- **Armadura básica:** Producto formado por tres sistemas de elementos (barras o alambres), con una estructura espacial y cuyos puntos de contacto están unidos mediante soldadura eléctrica por un proceso automático. Se compone de un elemento superior, dos elementos inferiores y dos elementos de conexión que forman la celosía. El elemento superior y los elementos inferiores están formados por barras o alambres corrugados. La celosía, o elementos de conexión entre los elementos superior e inferiores está formada por barras o alambres, lisos o corrugados, generalmente en forma de zig-zag.
- **Altura de la armadura básica:**
- **Altura total de la armadura básica (h_1):** Distancia entre el plano de base y el punto más alejado de él, medida perpendicularmente.
- **Altura entre ejes de las barras o los alambres longitudinales (h_2):** Distancia entre el eje del elemento longitudinal superior y el plano definido por los ejes de los elementos longitudinales inferiores.



- Anchura de la base de la armadura básica:
 - Anchura total de la base (b_1): Distancia entre los planos ideales perpendiculares al plano de la base y tangentes a las generatrices exteriores de los elementos inferiores, medida perpendicularmente al eje de la armadura básica.
 - Anchura entre ejes de las barras o alambres longitudinales inferiores (b_2): Distancia entre los ejes de los elementos longitudinales inferiores, medida perpendicularmente al eje de la armadura básica.
- Separación entre elementos de conexión (paso de celosía) (c): Distancia entre cada dos puntos consecutivos de inflexión de la celosía, medida sobre el mismo elemento.
- Longitud de la armadura básica (l): Distancia entre dos planos ideales perpendiculares al eje longitudinal de la armadura básica en sus puntos extremos.
- Secciones:
 - Sección nominal del elemento superior (S_s): Sección transversal del elemento superior.
 - Sección nominal de los elementos inferiores (S_i): Suma de las secciones transversales de los elementos inferiores.
 - Sección nominal de los elementos de conexión (celosía) (S_c): Suma de las secciones transversales de los dos elementos de conexión.
- Masa nominal de la armadura básica: Número convencional obtenido sumando la masa nominal de todos los elementos que constituyen la armadura básica.

MEDIDAS DE LAS ARMADURAS BÁSICAS.

ARMADURAS BÁSICAS ESTANDAR.

Son aquellas armaduras básicas cuyos diámetros y pasos de celosía son los que se incluyen en la siguiente tabla:

Tabla 6-31 Armaduras Básicas - Características de las armaduras básicas estandar

Altura de la armadura básica mm	Tipo de armadura básica	Diámetro de los elementos inferiores mm	Diámetro del elemento superior mm	Diámetro de los elementos de la celosía y paso de la celosía mm - mm	Masa nominal por metro lineal ¹⁾ kg
100	Ø6-2Ø5-2Ø6	6	6	5-200	1.12
	Ø7-2Ø5-2Ø6	6	7	5-200	1.20
	Ø8-2Ø5-2Ø8	8	8	5-200	1.64
120	Ø6-2Ø5-2Ø6	6	6	5-200	1.17
	Ø7-2Ø5-2Ø6	6	7	5-200	1.25
	Ø8-2Ø5-2Ø8	8	8	5-200	1.69
150	Ø6-2Ø5-2Ø6	6	6	5-200	1.24
	Ø7-2Ø5-2Ø6	6	7	5-200	1.32
	Ø8-2Ø5-2Ø8	8	8	5-200	1.76
170	Ø6-2Ø5-2Ø6	6	6	5-200	1.29
	Ø7-2Ø5-2Ø6	6	7	5-200	1.37
	Ø8-2Ø5-2Ø8	8	8	5-200	1.81
200	Ø6-2Ø5-2Ø6	6	6	5-200	1.37
	Ø7-2Ø5-2Ø6	6	7	5-200	1.45
	Ø8-2Ø5-2Ø8	8	8	5-200	1.89
230	Ø6-2Ø5-2Ø6	6	6	5-200	1.45
	Ø7-2Ø5-2Ø6	6	7	5-200	1.53
	Ø8-2Ø5-2Ø8	8	8	5-200	1.97
250	Ø6-2Ø5-2Ø6	6	6	5-200	1.51
	Ø7-2Ø5-2Ø6	6	7	5-200	1.59
	Ø8-2Ø5-2Ø8	8	8	5-200	2.03

1) La tolerancia en masa de cada uno de los elementos que integran la armadura básica cumplirá lo especificado en la Norma UNE correspondiente a cada producto.

TOLERANCIAS:

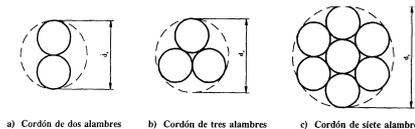
- Longitud: La tolerancia respecto a la longitud nominal será $\pm 0.5\%$ de la longitud, con un máximo de $\pm 50\text{mm}$.
- Anchura de la base: La tolerancia respecto a la anchura de la base nominal será de $\pm 10\text{mm}$.



- Altura: La tolerancia respecto a la altura nominal será de $\pm 5\text{mm}$.
- Paso de celosía: La tolerancia respecto al paso de celosía nominal será de $\pm 15\text{mm}$, tomando como valor la media de tres pasos consecutivos.
- Tolerancias en los elementos: Cada elemento individual cumplirá, en cuanto a tolerancias se refiere, con lo especificado en la norma UNE correspondientes al producto que lo constituye.

6.6. ALAMBRES, TORZALES Y CORDONES PARA HORMIGÓN PRETENSADO.

6.6.1. ALAMBRES Y CORDONES DE ACERO PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN PRETENSADO. UNE 36 094: 1997, UNE 36-094: 1997 ERRATUM.



DEFINICIONES:

- Alambre: Producto de sección maciza, liso o grafilado, procedente de un estirado en frío o trefilado de alambón, posteriormente sometido a un tratamiento de estabilización, que se suministra normalmente en rollos.
 - Alambre liso: Es aquél cuya superficie es la obtenida directamente en la hilera, que mantiene su sección transversal recta constante con independencia de la forma de ésta, y no presenta irregularidades periódicas en sentido longitudinal. Su eje es teóricamente recto.
 - Alambre grafilado: Es aquél cuya superficie presenta rehundidos o resaltos (grafilas) periódicamente distribuidos a lo largo de su longitud, con objeto de mejorar su adherencia con el hormigón.
 - Cordón: Producto formado por un número de alambres arrollados helicoidalmente en el mismo sentido y con igual paso, posteriormente sometido a un tratamiento de estabilización. Los cordones se diferencian por el número de alambres en :
 - Cordones de 2 alambres: Dos alambres, del mismo diámetro nominal, arrollados helicoidalmente, con el mismo paso y en el mismo sentido, sobre un eje ideal común.
 - Cordones de 3 alambres: Tres alambres, del mismo diámetro nominal, arrollados helicoidalmente, con el mismo paso y en el mismo sentido, sobre un eje ideal común.
 - Cordones de 7 alambres: Seis alambres, del mismo diámetro nominal, arrollados helicoidalmente, en el mismo sentido y con igual paso, alrededor de un alambre central recto.
- Los cordones pueden ser lisos o grafilados. Los cordones grafilados se fabrican con alambres grafilados.
- Trefilado: Proceso mediante el cual se reduce la sección de un alambón, haciéndolo pasar por una hilera.
 - Tratamiento de estabilización: Tratamiento termomecánico que, además de los objetivos de eliminación de tensiones, da lugar a una reducción adicional de la relajación.
 - Relajación: Pérdida de tensión que, en función del tiempo, experimenta un alambre tesado, mantenido a longitud constante. La relajación se expresa en tanto por ciento de la tensión inicial a que se somete el alambre.
 - Valor característico a nivel k:
 - Valor característico inferior: Para una determinada propiedad, se define como valor característico inferior a nivel k, aquel valor que es superado por el k% de los productos.



Para la aplicación de esta norma el valor de k se fija en 95, con lo que el valor característico inferior a nivel 95 coincide con el fractil 5%.

- **Valor característico superior:** Para una determinada propiedad, se define como valor característico a nivel k, aquel valor que no es superado por el k% de los productos.

Para aplicación de esta norma el valor de k se fija en 95, con lo que el valor característico superior a nivel 95, coincide con el fractil 95%.

- **Estimación del valor característico:** El valor característico (superior o inferior) es un concepto teórico y se estima, en cada caso, para la interpretación estadística de los resultados del ensayo.
- **Valor característico especificado:** El valor característico especificado (o valor garantizado) es un valor fijado en las normas. Para que una unidad de inspección se considere que cumple las especificaciones de las mismas, es preciso que su valor característico estimado sea igual o superior al valor característico inferior o igual o inferior al valor característico superior especificados.

· **Diámetro nominal:**

- **Diámetro nominal de los alambres:** El diámetro nominal de un alambre grafilado se define como el que corresponde a un cilindro de revolución, de sección circular, de igual masa por unidad de longitud que la de la muestra dada.

Es un número convencional respecto al cual se establecen las tolerancias, y que se indica en las tablas de esta norma a defectos de designación.

A partir del diámetro se obtienen los valores nominales del perímetro, área de la sección transversal recta y masa por metro lineal, adoptando convencionalmente como masa específica del acero el valor 7.85 kg/dm³.

- **Diámetro nominal de los cordones:** Número que coincide con el diámetro del círculo circunscrito a una sección recta ideal, perfectamente conformada, con alambre de medida y forma teóricas. Se utiliza para designar el cordón y para establecer las tolerancias.

- **Diámetro real del cordón:** Es el que resulta de la medición de un cordón con un micrómetro o pie de rey adecuado, excepto para los cordones de 3 alambres.

- **Paso de cordoneado:** Distancia entre dos puntos homólogos consecutivos de un mismo alambre, medida paralelamente al eje del cordón.

· **Sección metálica:**

- **Sección metálica nominal del alambre:** Área correspondiente al diámetro nominal, que se toma como base para establecer las tolerancias.

- **Sección metálica nominal del cordón:** Suma aritmética de las secciones metálicas nominales de los alambres que forman el cordón.

· **Masa unitaria:**

- **Masa unitaria nominal:** Masa de 1m de alambre o de cordón, cuyo valor figura en las tablas, que se toma como base para el establecimiento de las tolerancias.

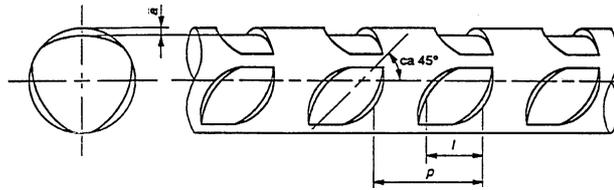
- **Masa unitaria real:** La obtenida dividiendo la masa correspondiente a la longitud medida de un alambre o un cordón, por dicha longitud.

- **Longitud de fabricación del cordón:** Longitud del cordón que generalmente se fabrica con una misma carga de máquina. Una longitud de fabricación puede presentarse en uno o varios rollos, bobinas o carretes.

ALAMBRES

Tabla 6-32 Alambres de Acero - Dimensiones nominales de las grafilas

Diámetro nominal del alambre mm	Dimensiones nominales de las grafilas			Longitud (l) mm	Separación (p) mm
	Profundidad (a) centésimas de mm		Tipo 2		
	Tipo 1	Tipo 2			
3	2 a 6			3.5 ± 0.5	5.5 ± 0.5
4	3 a 7	5 a 9			
5	4 a 8	6 a 10			
6	5 a 10	8 a 13		5.0 ± 0.5	8.0 ± 0.5
≥ 7	6 a 12	10 a 20			



Grafilas

Tabla 6-33 Alambres de Acero - Dimensiones y propiedades de los alambres

Designación del acero	Valores nominales			Valores especificados						
	Diámetro mm	Resistencia a la tracción MPa	Masa ¹⁾	Sección transversal recta mm ²	Tolerancia de la sección transversal recta mm ²	Valor característico mínimo de la carga de rotura kN	Carga máxima de rotura kN	Valor característico del límite elástico al 0.1% ²⁾ kN	Valor característico del límite elástico al 0.2% ³⁾ kN	Diámetro del mandril para el ensayo de doblado alternativo mm
Y 1770 C	3.0	1770	55.5	7.07	± 0.14	12.5	14.6	10.4	10.6	15
Y 1770 C	4.0	1770	98.6	12.6	± 0.25	22.3	26.1	18.5	19.0	20
Y 1860 C	4.0	1860	98.6	12.6	± 0.25	23.4	27.4	19.4	19.9	20
Y 1770 C	5.0	1770	154	19.6	± 0.39	34.7	40.6	28.8	29.5	30
Y 1860 C	5.0	1860	154	19.6	± 0.39	36.5	42.7	30.3	31.0	30
Y 1770 C	6.0	1770	222	28.3	± 0.47	50.1	58.6	41.6	42.6	37
Y 1670 C	7.0	1670	302	38.5	± 0.58	64.3	75.2	53.4	54.7	45
Y 1670 C	7.5	1670	347	44.2	± 0.66	73.8	86.3	61.3	62.7	50
Y 1670 C	8.0	1670	395	50.3	± 0.75	84.0	98.3	69.7	71.4	55
Y 1570 C	9.4	1570	545	69.4	± 1.00	109	127	90.5	92.7	70
Y 1570 C	10.0	1570	616	78.5	± 1.10	123	144	102	105	75

1) La masa se calcula a partir de la sección transversal recta especificada y dando un valor a la masa específica del acero 7.85 kg/dm³
 2) El valor característico del límite elástico al 0.1% se calcula como el 83% de la carga característica de rotura.
 3) El valor característico del límite elástico al 0.2% se calcula como el 85% de la carga característica de rotura. El valor del límite elástico al 0.2% de un alambre estará comprendido entre el 85% y el 95% de la carga característica de rotura.

Tabla 6-34 Alambres de Acero - Requisitos adicionales para los alambres

Propiedad	Especificación
Módulo elástico	205 kN/mm ² ± 7%
Mínimo alargamiento bajo carga máxima ¹⁾ (A _{gt}) L ₀ ≥ 100 mm	3.5%
Estricción a la rotura Alambres lisos Alambres grafilados	≥ 25% Visible a simple vista
Número mínimo de doblados alternativos ¹⁾ Alambres lisos Alambres grafilados	4 3
Relajación máxima a 1000 h ¹⁾ Al 60% Al 70% Al 80%	1.5% 2.5% 4.5%
Fatiga Alambres lisos Alambres grafilados	200 N/mm ² 180 N/mm ²
Corrosión bajo tensión Valor mínimo individual Valor mínimo de la media de los ensayos	1.5 h 4 h

1) Para alambres destinados a la armadura transversal de tuberías y aquellos que deban cumplir exigencias especiales de durabilidad, el alargamiento bajo carga máxima será del 5% y el número mínimo de ciclos de doblado alternativo que debe soportar el alambre será de 7.
 2) El valor de la relajación es el obtenido empleando una carga inicial igual al 60%, 70% u 80% de la carga de rotura real, medida en probeta contigua. En aquellos casos en los que las exigencias de enderezado sean muy severas, como la fabricación de traviesas de ferrocarril (diámetros 7 – 7.5 – 9.4 y 10 mm), se podrán acordar con el cliente el suministro de alambres de relajación normal, en cuyo caso se aplicarán los siguientes límites de relajación a 1000 h:
 Al 60% 4.5%
 Al 70% 8.0%
 Al 80% 12%

CORDONES

Tabla 6-35 Cordones - Dimensiones nominales de las grafilas

Profundidad centésimas de mm	Longitud mm	Separación mm
2 a 12	3.5 ± 0.5	5.5 ± 0.5



Tabla 6-36 Cordones - Dimensiones y propiedades de los cordones

Clase	Designación del acero	Valores nominales			Valores especificados					
		Diámetro mm	Resistencia a la tracción MPa	Masa ¹⁾	Sección transversal recta mm ²	Tolerancia del área de la sección transversal recta ²⁾ mm ²	Valor característico mínimo de la carga de rotura kN	Carga máxima de rotura kN	Valor característico del límite elástico al 0.1% ³⁾ kN	Valor característico del límite elástico al 0.2% ⁴⁾ kN
A	Y 1770 S2 ⁵⁾	5.6	1770	96.7	12.3	± 0.25	21.8	25.5	18.5	19.2
	Y 1770 S2 ⁵⁾	6.0	1770	111	14.1	± 0.28	25.0	29.3	21.3	22.
	Y 1960 S3 ⁵⁾	5.2	1960	107	13.6	± 0.27	26.7	31.2	22.7	23.5
	Y 1860 S3 ⁵⁾	6.5	1860	166	21.1	± 0.43	39.2	45.9	33.3	34.3
	Y 1860 S3 ⁵⁾	6.8	1860	184	23.4	± 0.47	43.5	50.9	37.0	38.3
	Y 1860 S3 ⁵⁾	7.5	1860	227	29.0	± 0.58	54.0	63.2	45.9	47.5
	Y 1860 S7	9.3	1860	408	52	± 1.04	96.7	113	82.2	85.1
B	Y 1860 S7	13.0	1860	785	100	± 2.00	186	218	158	164
	Y 1770 S7	16.0	1770	1176	150	± 3.00	265	310	225	233
	Y 2060 S3 ⁵⁾	5.2	2060	107	13.6	± 0.27	28.0	32.8	23.8	24.6
	Y 1860 S7	15.2	1860	1101	140	± 2.80	260	304	221	229
	Y 1860 S7	16.0	1860	1176	150	± 3.00	279	326	237	246

1) La masa se calcula a partir de la sección transversal recta especificada y dando un valor a la masa específica del acero 7.85 kg/dm³
 2) La tolerancia del área de la sección transversal está basada en un 2% del área de la sección transversal.
 3) El valor característico del límite elástico al 0.1% se calcula como el 85% de la carga característica de rotura.
 4) El valor característico del límite elástico al 0.2% se calcula como el 88% de la carga característica de rotura.
 5) Los cordones de 2 y 3 alambres se emplean normalmente para pretensado por adherencia.

Tabla 6-37 Cordones - Requisitos adicionales para los cordones

Propiedad	Especificación
Módulo elástico	195 kN/mm ² ± 7%
Mínimo alargamiento bajo carga máxima (A) L ₀ ≥ 500 mm	3.5%
Estricción a la rotura	Visible a simple vista
Relajación máxima a 1000 h ¹⁾	
Al 60%	1.5%
Al 70%	2.5%
Al 80%	4.5%
Fatiga	
Cordones lisos	190 N/mm ²
Cordones grafilados	170 N/mm ²
Tracción desviada aplicable a cordones de 7 alambres de diámetro nominal del cordón ≥ 13 mm	D _{máx} = 28%
Corrosión bajo tensión	
Valor mínimo individual	1.5 h
Valor mínimo de la media de los ensayos	4 h

1) El valor de la relajación es el obtenido empleando una carga inicial igual al 60%, 70% u 80% de la carga de rotura real, medida en probeta contigua.

Tabla 6-38 Cordones - Coeficiente de aceptación k en función del tamaño de la muestra

n	k	n	k
5	4.21	30	2.22
6	3.71	40	2.13
7	3.40	50	2.07
8	3.19	60	2.02
9	3.03	70	1.99
10	2.91	80	1.97
11	2.82	90	1.94
12	2.74	100	1.93
13	2.67	120	1.91
14	2.61	150	1.87
15	2.57	200	1.84
16	2.52	250	1.81
17	2.49	300	1.80
18	2.45	400	1.78
19	2.42	500	1.76
20	2.40	1000	1.73
25	2.29	∞	1.64



6.7. ARMADURAS PASIVAS DE ACERO PARA HORMIGÓN ESTRUCTURAL. FERRALLA.

6.7.1. ARMADURAS DE ACERO PARA HORMIGÓN ESTRUCTURAL. CORTE DOBLADO Y COLOCACIÓN DE BARRAS Y MALLAS. UNE 36831: 1997.

• FORMAS DE CORTE

Las barras y mallas pueden cortarse con cizalla o sierra o cualquier otro procedimiento que no altere en una longitud significativa las características geométricas y mecánicas de las barras o alambres de las mallas. El corte para preparación de bordes, en algunos empalmes por soldadura, debe ser realizado con sierra. Algunos procedimientos de empalme requieren condiciones especiales de corte.

• DOBLADO

El doblado debe realizarse en frío, con dobladoras mecánicas. En algunos casos excepcionales y correspondientes a barras parcialmente hormigonadas, puede realizarse el doblado en obra con herramientas manuales. En este último caso, deben mantenerse los radios mínimos que más adelante se indican y deberá cuidarse especialmente de no realizar tales operaciones con temperatura ambiente en las barras inferior a +5 °C. Los doblados de las zonas de solape de la armadura longitudinal de pilares, de una planta con otra, deben ser realizados previamente a la colocación de las armaduras en el encofrado.

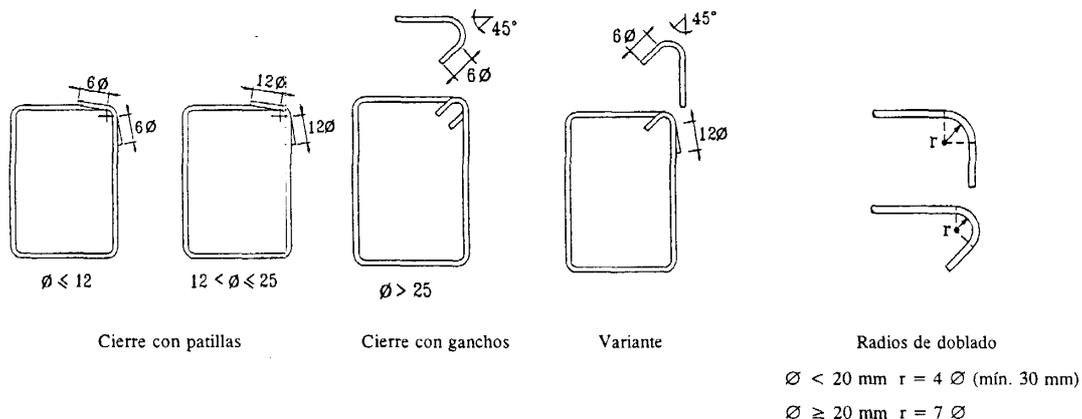
DIÁMETROS DE DOBLADO

El doblado de las barras, salvo indicación en contrario del proyecto, se realizará con mandriles que garanticen unos diámetros de doblado "d" que cumplan las siguientes condiciones:

- No ser inferiores a 10 veces el diámetro de la barra. Para aceros de calidad 500 y diámetros superiores a los 25 mm esta limitación se eleva a 12 veces el diámetro de la barra.
- no ser inferiores al valor que resulte de la siguiente expresión:

$$d = \frac{2 f_{yk}}{3 f_{ck}} \cdot \bar{A} \cdot E$$

siendo $\bar{A} E$ el diámetro nominal de la barra, f_{yk} el límite elástico de proyecto del acero y f_{ck} la resistencia característica de proyecto del hormigón, ambos valores expresados en las mismas unidades. En el caso de que el recubrimiento lateral de la barra doblada sea superior a dos veces el diámetro de la barra, podrá reducirse esta limitación, multiplicando por 0.6 el valor dado por la fórmula anterior.





• **ATADO**

SISTEMAS DE ATADO

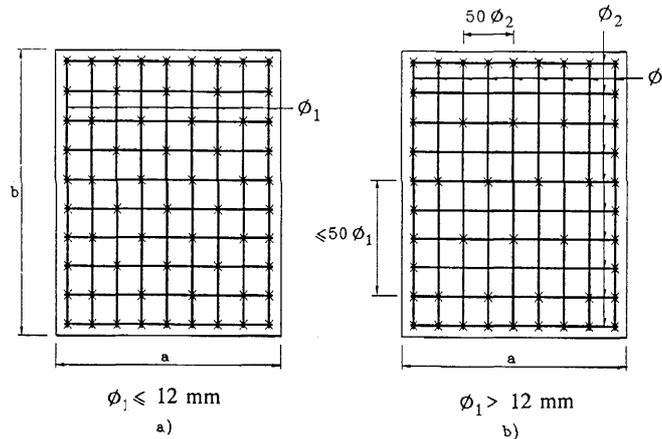
Se consideran dos sistemas de atado:

- **Atado con puntos de soldadura:** Su sujeción está cubierta por la Norma UNE 36832.
- **Atado con alambre:** Se realiza con alambre de acero. Se puede utilizar el atado con alambres provistos de ganchos terminales, realizando con la herramienta manual correspondiente, o el realizado con alambre y atadora mecánica o bien con alambre y tenaza. El atado puede ser realizado también con clips de alambre. En cualquier caso el sistema empleado debe garantizar el atado de barras durante el transporte y montaje de las armaduras y durante el vertido y compactación del hormigón.

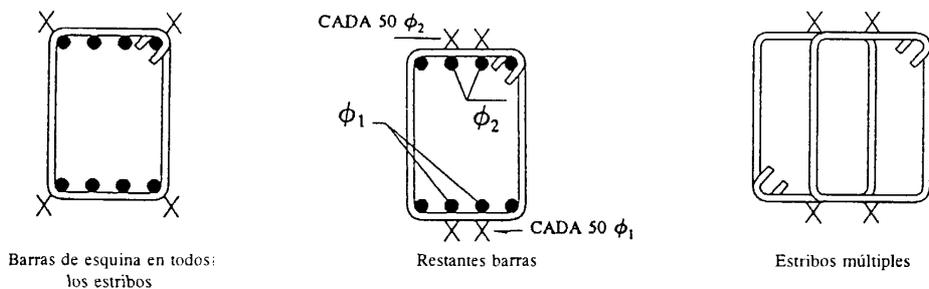
PUNTOS DE ATADO

Con independencia de que el atado se realice con alambre o por puntos de soldadura, cumplirá con las especificaciones siguientes:

- **Losas y placas:** Deben atarse todos los cruces de barras del perímetro del panel de la armadura. Cuando las barras de la armadura principal tengan un diámetro igual o inferior a 12mm, se sujetan en el resto del panel los cruces de las barras de forma alternativa. Cuando dicho diámetro sea superior a 12mm, los cuces atados no deben distanciarse más de 50 diámetros, disponiéndose también de forma alternativa.

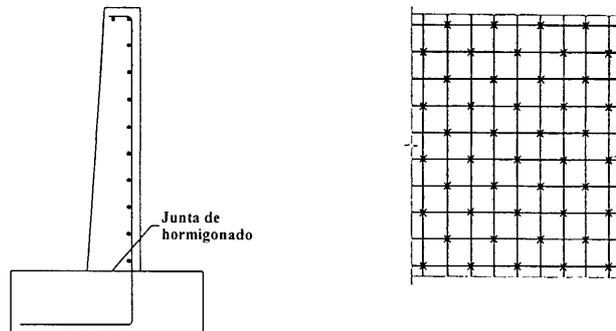


- **Pilares y vigas:** Debe atarse cada cruce de esquina de los estribos con la armadura principal. Si se emplea malla electrosoldada para formar los estribos o armadura simplemente de sujeción de estribos, la armadura principal debe atarse en las esquinas a una distancia no mayor de cincuenta veces el diámetro de la armadura principal. Las otras barras diferentes de las de esquina deben atarse a éstos a distancias no superiores a cincuenta veces el diámetro de la barra. Los estribos múltiples formados por estribos simples deben atarse entre sí.





- **Muros:** Se atan las barras en intersecciones alternadas. Los muros prefabricados, hormigonados con su plano medio en posición horizontal, se consideran, a efectos de atado, como losas.



• **COLOCACIÓN**

RECUBRIMIENTOS

La colocación de armaduras debe realizarse de forma que se cumplan los recubrimientos especificados, de acuerdo con lo prescrito en el proyecto y según la legislación vigente.

Los recubrimientos anteriormente considerados se entienden como recubrimientos mínimos (C_{\min}), correspondientes al tipo de separador o calzo empleado, deberán cumplir las condiciones siguientes:

- Piezas prefabricadas en instalación industrial fija y obras sometidas a control intenso.

$$C_{\text{nom}} = C_{\text{mín}} + 5 \text{ mm}$$

- Obras en general:

$$C_{\text{nom}} = C_{\text{mín}} + 10 \text{ mm}$$

SEPARACIÓN ENTRE BARRAS

Las separaciones entre barras, tanto en sentido horizontal como vertical, se adecuarán a lo especificado en proyecto y a las distancias mínimas prescritas por la legislación aplicable.

INSPECCIÓN

La comprobación de la aptitud y calidad del acero debe hacerse previamente a su corte y doblado. Las comprobaciones de corte, doblado, colocación y recubrimientos deben ser siempre realizadas antes del hormigonado de la pieza correspondiente, no debiendo autorizarse el hormigonado hasta no resultar conforme la inspección correspondiente.

FORMAS PREFERENTES DE ARMADO

La optimización del coste en las armaduras se consigue mediante la racionalización de los esquemas de armado, a través de la simplificación y repetición de formas. Además, una de las finalidades perseguidas en este proceso es el evitar errores de colocación en obra. Para ello debe procurarse siempre que la longitud total de corte de las barras sea múltiplo de 5 cm, y unificar las longitudes de las barras pertenecientes a elementos semejantes que vayan a montarse en el mismo período de tiempo, siempre que difieran menos de 20 cm. En este sentido la siguiente tabla contiene las formas preferentes de armado, que cubren la mayoría de las necesidades prácticas.



Tabla 6-39 Armaduras de Acero - Formas preferentes de armado

Código de forma	Forma	Clave (código - Ø - a - b - c - d - e - r ₁ - r ₂)
01*		01 Ø - a
02*		02 Ø - a - b - r ₁
03*		03 Ø - a - b - c - r ₁ - r ₂
04		04 Ø - a - b - c - r ₁
05		05 Ø - a - b - c - r ₁
06*		06 Ø - a - b - c - r ₁ - r ₂
07*		07 Ø - a - b - c - r ₁ - r ₂
08*		08 Ø - a - b - c - d - r ₁ - r ₂
09		09 Ø - a - b - c - d - e - r ₁ - r ₂
10		10 Ø - a - b - c - d - e - f - g - r ₁ - r ₂ - r ₃ - r ₄
11*		11 Ø - a - b
12		12 Ø - a - b
13		13 Ø - a - b - d
14		14 Ø - a - b - c - d
15		15 Ø - a - d
16		16 Ø - d - n - p

NOTAS:

- Las estructuras ordinarias en edificación pueden generalmente proyectarse con el uso exclusivo de las siete formas que llevan la señal *. (Seis si las zapatas tienen solo barras rectas).

Las cotas deben indicarse en cm, salvo los recubrimientos que se indicarán en mm.



TOLERANCIAS:

- Las tolerancias se aplican a las cotas indicadas en los planos. Deberá evitarse el doble dimensionamiento, pero en principio si a una dimensión o posición le corresponden varias tolerancias en el sistema descrito, se entiende que rige la más estricta salvo que se indique otra cosa.
- En el caso de dimensiones fraccionadas que forman parte de una dimensión total, las tolerancias deben interpretarse individualmente y no son acumulativas.
- Los solapes deben figurar en los planos con definición de su longitud y posición.

Tabla 6-40 Armaduras de Acero - Corte de barras

$L \leq 6 \text{ m}$	$\pm 20 \text{ mm}$
$L > 6 \text{ m}$	+ 20 mm
	- 30 mm

FORMA Y DOBLADO

• **Barras**

Tabla 6-41 Armaduras de acero - Cotas en general

$L_i \leq 6 \text{ m}$	$\pm 20 \text{ mm}$
$L_i > 6 \text{ m}$	$\pm 30 \text{ mm}$
$L \leq 6 \text{ m}$	$\pm 20 \text{ mm}$
	+ 20 mm
$L > 6 \text{ m}$	- 30 mm

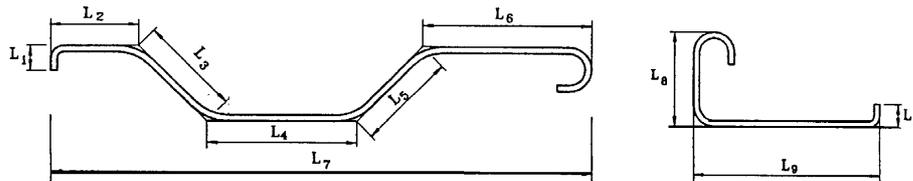


Tabla 6-42 Armaduras de acero - Cotas que afectan al canto

$L \leq 1 \text{ m}$	$\pm 10 \text{ mm}$
$1 \text{ m} < L \leq 2 \text{ m}$	+ 12 mm
	- 16 mm
$L > 2 \text{ m}$	+ 16 mm
	- 20 mm



Tabla 6-43 Armaduras de acero - Radios de doblado

$\varnothing \leq 25 \text{ mm}$	$\pm 15 \text{ mm}$
$\varnothing > 25 \text{ mm}$	$\pm 25 \text{ mm}$

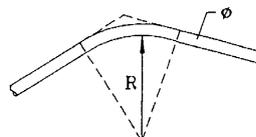
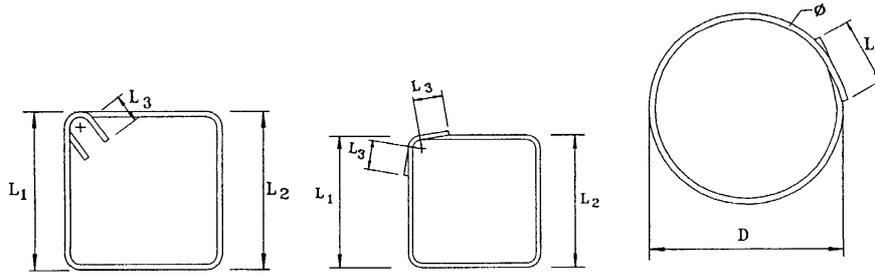




Tabla 6-44 Armaduras de acero - Estribos y cercos

Todas las dimensiones en mm	$\varnothing \leq 25$	$\varnothing > 25$
$L_1^{1)}$	± 16	+20 -24
$L_2^{1)}$	± 16	+20 -24
L_3	± 16	+20 -24
L_4	± 16	+20 -24
D	± 15	+20 -24

1) $|L_1 - L_2| \leq 10$



COLOCACIÓN

Tabla 6-45 Armaduras de acero - Recubrimientos

Desviación en menos ¹⁾	Control de Calidad Normal: -10 mm
	Control de Calidad Intenso: -5 mm
1) Los valores indicados corresponden al establecimiento de recubrimientos en los planos iguales a los mínimos establecidos en la norma, incrementados en 5mm en caso de control de ejecución intenso y 10mm en caso de control de ejecución normal. Los valores nominales de los recubrimientos corresponden a los separadores a emplear.	

Desviaciones en más:

Dimensión h de la pieza en el sentido del recubrimiento

Tabla 6-46 Armaduras de acero – Dimensión h de la pieza en sentido del recubrimiento

$h \leq 10$ cm	6 mm
10 cm < $h \leq 30$ cm	10 mm
30 cm < $h \leq 60$ cm	12 mm
$h > 60$ cm	16 mm

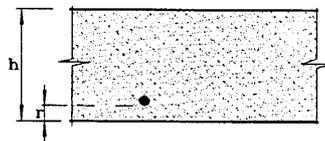
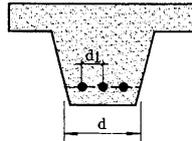


Tabla 6-47 Armaduras de acero -Desviaciones en sentido transversal respecto a la posición básica

$d \leq 100$ mm	± 6 mm
100 mm < $d \leq 300$ mm	± 10 mm
300 mm < $d \leq 600$ mm	± 16 mm
$d > 600$ mm	± 24 mm



Distancia entre armaduras consecutivas: Se admite una desviación de la distancia d_1 no mayor de $\pm 24\text{mm}$ sin exceder $\pm(d_1/4)$. El valor mínimo en cualquier caso debe cumplir con lo establecido en las normas.

Desviación de la posición básica del eje de una barra, en serie de barras paralelas, en muros, losas, zapatas, etc.

$\pm 50\text{ mm}$

(El número total de barras no debe ser inferior al especificado)

Desviación de la posición básica de estribos

$\pm (h/12)$ ó $\pm (b/6)$, (Lo que sea menor)

Siendo h el canto de la viga y b el ancho.

El número total de estribos de cada campo de secuencia de estribos no debe ser inferior al especificado. La desviación en menos de la distancia del primer estribo en los apoyos de una viga, a la cara del apoyo es de -22mm .

Desviación en la posición básica de cercos

$\pm (b/12)$

Siendo b el lado menor de sección rectangular del pilar.

El número total de cercos por tramo del pilar no debe ser inferior al especificado.

Situación en la dirección del eje de la pieza de puntos medios de arcos de doblado, puntos de tangencia y extremos de barras

En semiluces de vanos simplemente apoyados o articulados: $\pm 24\text{ mm}$

En los casos restantes: $\pm 50\text{ mm}$

Longitudes L, de anclaje y solape

+ 0.10 L ? 50mm

- 0.05 L ? -50mm, con mínimo de 12mm

6.8. REDONDO LISO PARA HORMIGÓN ARMADO. UNE 36-097: 1981.

Tabla 6-48 Redondo liso para hormigón armado - Características mecánicas

Diámetro nominal en mm	Re mínimo		R		A $L_0 = 5d$ mínimo	Ensayo de doblado Diámetro de mandril			
	kgf/mm ²	kgf/mm ²	kgf/mm ²	MPa		D		D'	
						R ≤ 45	R > 45	R ≤ 45	R > 45
d ≤ 16	22	215	34 / 50	330 / 490	23	1d	1d	2d	2d
d > 16						1d	2d	2d	4d

Tabla 6-49 Redondo liso para hormigón armado - Características geométricas y ponderales

Diámetro d mm	Masa por metro M kg/m	Área de la sección recta S mm ²
6	0.222	28.3
8	0.395	50.3
10	0.617	78.5
12	0.888	113.1
14	1.208	153.9
16	1.578	201
20	2.47	314
25	3.85	491
32	6.31	804
40	9.86	1257
50	15.41	1963



Tabla 6-50 Redondo liso para hormigón armado - Ensayo de tracción

Diámetro nominal en mm	CARGA TOTAL					
	en el límite elástico		mínimo		máximo	
	10 ³ kgf	10 ³ N	10 ³ kgf	10 ³ N	10 ³ kgf	10 ³ N
6	0.623	6.08	0.962	9.34	1.415	13.87
8	1.107	10.81	1.710	16.60	2.52	24.6
10	1.727	16.88	2.67	25.9	3.92	38.5
12	2.49	24.3	3.85	37.3	5.66	55.4
14	3.39	33.1	5.23	50.8	7.70	75.4
16	4.42	43.2	6.83	66.3	10.05	98.5
20	6.91	67.5	10.68	103.6	15.70	153.9
25	10.80	105.5	16.69	162.0	24.6	241
32	17.69	172.9	27.3	265	40.2	394
40	27.7	270	42.7	415	62.8	616
50	43.2	422	66.7	648	98.2	962

TOLERANCIAS:

Tolerancias en masa y en área de la sección transversal: Las tolerancias en masa y área respecto a los valores nominales se indican en la siguiente tabla:

Tabla 6-51 Redondo liso para hormigón armado - Tolerancias en masas y en área

Diámetro nominal en mm	Tolerancia sobre barra individual %	Tolerancia sobre lote %
6		+ 10
8	-5	- 4
10		+ 6
12	-5	- 4
14		
16		
20	-5	± 4
25		
32		
40	-4	± 3
50		

Los valores de tolerancia tabulados en este apartado, tienen exclusivamente un carácter técnico para aceptación o rechazo de un lote. No se refieren ni a las posibles variaciones de peso suministrado respecto al pedido, ni a las posibles diferencias de pesada por expedición.

Tolerancias de ovalidad: Las diferencias entre el diámetro máximo y mínimo de una sección recta cualquiera, no serán superiores a los valores indicados en la siguiente tabla:

Tabla 6-52 Redondo liso para hormigón armado - Tolerancias de ovalidad

Diámetro nominal en mm	Diferencia máxima en mm
6	
8	1.00
10	
12	1.50
14	
16	
20	2.00
25	
32	
40	2.50
50	

Esta tolerancia se establece fundamentalmente para evitar confusiones en obra entre diámetros consecutivos.

Tolerancia en longitud: Las desviaciones en las barras solicitadas a longitud fija serán:
+ 200 mm



6.8.1. ANEXO: EQUIVALENCIA ENTRE LOS TÉRMINOS Y SÍMBOLOS EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA Y EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.

A nivel internacional los términos y símbolos empleados en la industria de la construcción son diferentes a los empleados en la industria siderúrgica. Esta disparidad se traslada a las normas UNE por lo que a continuación se establece una equivalencia entre ambas notaciones.

Tabla 6-53 Equivalencia entre los términos y símbolos de la industria siderúrgica y de la construcción

Término	Ind. Siderúrgica Símbolo	Ind. Construcción Símbolo
Sección inicial de la probeta de tracción	S ₀	A _i
Sección mínima después de la rotura	S _u	A _u
Distancia entre puntos de la probeta de tracción	L ₀	L _i
Distancia final entre puntos	L _u	L _u
Carga a que está sometida la probeta encualquier momento del ensayo	F = R x S ₀	F = σ _s x A _i
Carga de rotura	F _m = R _m x S ₀	F _{máx} = f _s x A _j
Límite elástico	R _e	f _y
Límite elástico aparente superior	R _{eH}	f _{yH} ó f _{ysup.}
Límite elástico aparente inferior	R _{eL}	f _{yL} ó f _{yinf.}
Límite elástico convencional r _{0.2} aptdo.	R _{pn}	f _n
Resistencia a la tracción	R _m	f _s
Alargamiento remanente	A _r	ε
Alargamiento de rotura	A	ε _u
Estricción	Z	η

6.9. ACEROS PARA ESTRUCTURAS SOMETIDAS A ACCIONES SISMICAS. NORMA EHE, 1998.

Los aceros de armaduras pasivas recomendados para garantizar un comportamiento de ductilidad elevada son los que cumplen las siguientes condiciones:

$$1.20 \leq \frac{f_s}{f_y} \leq 1.35$$

$$e_{max} \geq 9\%$$

Un tipo de acero que cumple las condiciones de ductilidad exigidas es el acero soldable con características especiales de ductilidad B 400 SD, normalizado en la UNE 36065:99 EX. Dicho acero, constituido por barras corrugadas cuyos diámetros se ajustan a la serie: 6-8-10-12-14-16-20-25-32-40 mm, debe cumplir los requisitos técnicos fijados en dicha norma, entre los cuales se hallan los de adherencias y los relativos a características mecánicas mínimas garantizadas, que se recogen en la tabla siguiente:

Tabla 6-54 Aceros para estructuras sometidas a acciones sismicas - Características mecánicas garantizadas de las barras corrugadas de acero B400SD

Designación	Clase de acero	F _y no menor que 1) n/mm ²	f _s no menor que 1) n/mm ²	f _y real/ f _y nominal	Alargamiento de rotura sobre base de 5 diámetros	ε _{max}	F _s / f _y en ensayo 2)
B 400 SD	Soldable con características especiales de ductilidad	400	480	≤ 1.20	≥ 20%	≥ 9%	≥ 1.20 ≤ 1.35

1) Para el cálculo de los valores unitarios se utilizará la sección nominal.
2) Relación mínima y máxima admisible entre la carga unitaria de rotura y el límite elástico obtenido en el ensayo.



ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En lo que se establecen unos requisitos dimensionales y de disposición de armaduras que aseguran un comportamiento de ductilidad alta para las diferentes magnitudes de la acción sísmica, de acuerdo con la experimentación disponible y el comportamiento real de estructuras sometidas a sismo.

Los requisitos relativos a dimensiones mínimas o a cuantías máximas están, en general, establecidos para evitar una excesiva concentración de armaduras o una inadecuada ejecución de las zonas de mayor responsabilidad estructural.

Los requisitos relativos a armaduras longitudinales, en cuanto a cuantías mínimas en secciones y distribuciones a lo largo del elemento, están establecidos teniendo en cuenta, principalmente la reversibilidad de momentos y el cambio de las leyes de esfuerzos a lo largo del elemento debido al comportamiento no lineal supuesto.

Los requisitos relativos a armaduras transversales están establecidos, principalmente, con el fin de confinar el hormigón comprimido, evitar el pandeo de la armadura comprimida y aumentar la resistencia a cortante.

Por último los criterios generales relativos a las condiciones de anclaje se establecen para tener en cuenta el deterioro de estas características resistentes debido a la acción de las cargas cíclicas alternadas.

VIGAS

Nos referimos a elementos que trabajan fundamentalmente a flexión y cumplen las siguientes condiciones:

- El esfuerzo axial de compresión de cálculo reducido, debido a la situación sísmica, cumple:
$$N_d / (A_c f_{cd}) \leq 0.10$$
- La relación ancho/canto no será menor de 0.3.
- La luz del vano no será menor que cuatro veces el canto útil del elemento.
- El ancho de la viga no será inferior a 250mm ni superior al ancho del apoyo o pilar que la recibe más 0.75 del canto de la viga.

En relación con el anclaje y solapo de las armaduras se cumplirán las siguientes aplicaciones:

- Las longitudes de anclaje de las armaduras se aumentarán $10\lambda_E$ respecto a las definidas para cargas estáticas.
- Los empalmes de las armaduras se alejarán, en lo posible, de las zonas próximas a los extremos, en una longitud de dos veces el canto de la viga, o de las zonas donde se prevea la formación de rótulas plásticas.

Para estructuras en las que se quiera conseguir un nivel de ductilidad muy alto las vigas deberán cumplir los siguiente requisitos, relativos a disposición de armaduras.

- Armadura longitudinal.

La armadura longitudinal estará constituida, al menos, por $4\lambda_E 16$ dispuestos a lo largo de toda la longitud, dos en cada cara. En cualquier caso no se dispondrá, en un parámetro traccionado, una cuantía geométrica superior al 2.5%.

La capacidad resistente a flexión positiva en el apoyo no será inferior a la mitad de la capacidad resistente de esta sección a flexión negativa. Simplificadamente, esta condición se cumple si se dispone en los extremos de las vigas una armadura comprimida no inferior a la mitad de la traccionada. En cualquier caso, ninguna sección a lo largo de la vida tendrá una capacidad resistente a flexión positiva o negativa inferior al 25% de la capacidad resistente máxima a flexión negativa de los extremos.

- Armadura transversal.

La capacidad resistente a cortante de las secciones será, al menos, un 25% superior a la requerida por el cortante de cálculo para situación sísmica.

En cuanto a la disposición de la armadura transversal se seguirán las siguientes indicaciones: (figura 1)

- En las zonas extremas de la viga, en una longitud igual al menos a dos veces el canto desde la cara de apoyo hacia el interior del vano, se dispondrán cercos cerrados de diámetro mayor o igual que 6 mm y separados a distancias no mayores que la menor de las siguientes:



- Un cuarto de la viga.
- 6 veces el diámetro de la barra longitudinal comprimida de menor diámetro.
- 24 veces el diámetro utilizado para la armadura transversal.
- 150 mm.
- En las zonas centrales son de aplicación los requisitos generales.

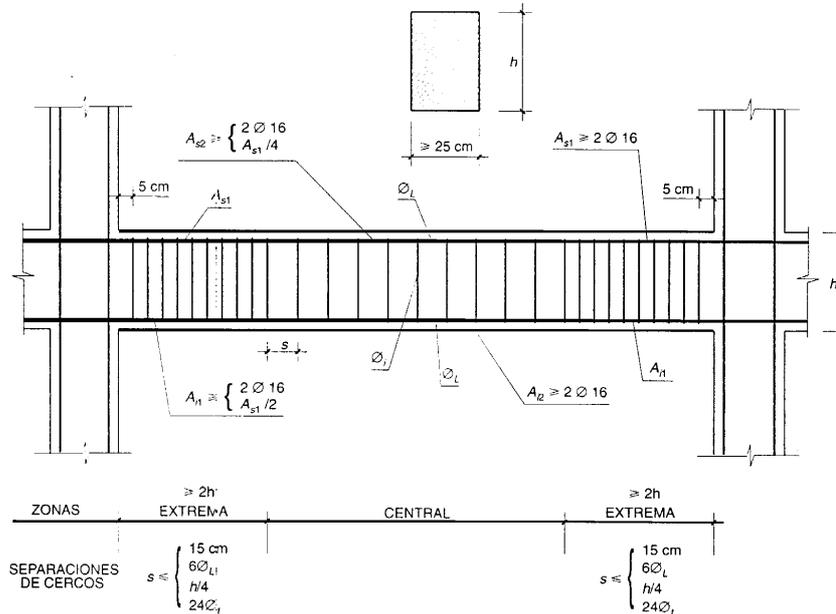


Figura 1

Para estructuras en las que se quiera conseguir un nivel de ductilidad alto, las vigas deben cumplir los siguientes requisitos, relativos a disposición de armaduras.

- **Armadura longitudinal:**
La armadura longitudinal estará constituida, al menos, por $4A_{E14}$ dispuestos a lo largo de toda la longitud, dos en cada cara. En cualquier caso, en el parámetro traccionado, no se dispondrá una cuantía geométrica superior al 2.5%.
La capacidad resistente a flexión positiva en el apoyo no será inferior al tercio de la capacidad resistente de esta sección a flexión negativa. Simplificadamente, esta condición se cumple si se dispone en los extremos de las vigas una armadura comprimida no inferior al tercio de la traccionada. En cualquier caso, ninguna sección a lo largo de la vida tendrá una capacidad resistente a flexión positiva o negativa inferior al 20% de la capacidad resistente máxima a flexión negativa en los extremos.
- **Armadura transversal:**
La capacidad resistente a cortante de las secciones será, al menos, un 25% superior a la requerida por el cortante de cálculo para situación sísmica.
En cuanto a la disposición de la armadura transversal se seguirán las siguientes indicaciones.(figura 2)
 - En las zonas extremas de la viga, en una longitud igual al menos a dos veces el canto desde la cara del apoyo hacia el interior del vano, se dispondrán cercos cerrados de diámetro mayor o igual que 6mm y separados a distancias no mayores que la menor de las siguientes:
 - Un cuarto del canto de la viga.
 - 8 veces el diámetro de la barra longitudinal comprimida de menor diámetro.
 - 24 veces el diámetro utilizado para la armadura transversal.
 - 200mm-
 - En las zonas centrales son de aplicación los requisitos generales.

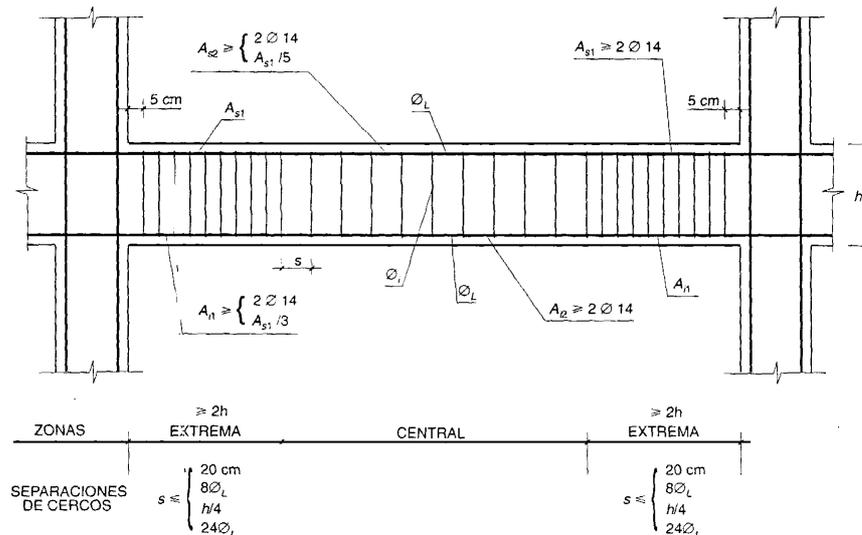


Figura 2

SOPORTES

Este apartado se refiere a elementos que trabajan fundamentalmente a compresión compuesta y cumplen las siguientes condiciones:

- El esfuerzo axial de compresión de cálculo reducido, debido a la situación sísmica, es:

$$N_d / (A_c f_{cd}) \leq 0.10$$

En relación con el anclaje y el soplado de las armaduras se cumplirán las siguientes indicaciones:

- Las longitudes de anclaje de las armaduras se aumentarán $10A_E$ respecto a las definidas para cargas estáticas.
- Los empalmes de las armaduras se alejarán, en lo posible, de las zonas próximas a los extremos o de las zonas donde se prevea la formación de rótulas plásticas.

Para conseguir estructuras de ductilidad muy alta, los soportes deben cumplir los siguientes requisitos:

- La dimensión mínima no será inferior a 30cm.
- Armadura longitudinal:
La armadura longitudinal estará constituida, como mínima, por tres barras por cara y con una separación no superior a 150mm. En cualquier caso, no se dispondrá una cuantía geométrica total inferior al 1% ni superior al 6%.
- Armadura transversal:
La capacidad resistente a cortante de las secciones será un 25% superior a la requerida por el cortante de cálculo para la situación sísmica.

En cuanto a la disposición de la armadura transversal se seguirán las siguientes indicaciones (figura 3)

- En las zonas extremas del pilar, en una longitud mayor o igual al doble de la menor dimensión o la sexta parte de la longitud libre del soporte, se dispondrán cercos cerrados de diámetro mayor o igual a 6mm y separados a distancia no mayor que la menor de las tres siguientes:
 - Un cuarto de la menor dimensión del soporte.
 - 6 veces el diámetro de la barra longitudinal comprimida de menor diámetro.
 - 100mm.

En ningún caso, en esta zona, se dispondrá una cuantía mecánica volumétrica de armadura menor que:

$$w_w = (W_{sc} / W_c) (f_{yd} / f_{cd}) > 0.12$$

donde:

- w_w Cuantía mecánica volumétrica de confinamiento.
- W_{sc} Volumen de horquillas y estribos de confinamiento.
- W_c Volumen de hormigón confinado.



- La armadura definida para estas zonas extremas se prolongará dentro del nudo.
- En las zonas centrales son de aplicación los requisitos generales.

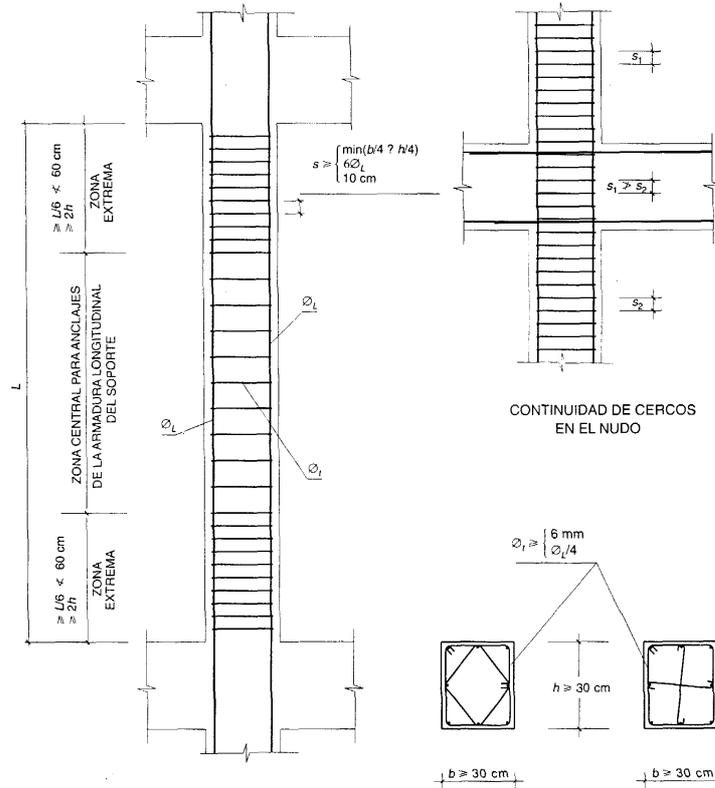


Figura 3

Cuando se deseen conseguir estructuras de ductilidad alta, los soportes deben cumplir los siguientes requisitos, relativos a disposición de armaduras:

- Armadura longitudinal:
La armadura longitudinal estará construida, como mínimo, por tres barras por cara y con una separación no superior a 150mm. En cualquier caso, no se dispondrá una cuantía geométrica total inferior al 1% ni superior al 6%.
- Armadura transversal:
La capacidad resistente a cortante de las secciones será un 25% superior a la requerida por el cortante de cálculo para la situación sísmica.
En cuanto a la disposición de la armadura transversal, se seguirán las siguientes indicaciones:(figura 4)
 - En las zonas extremas del pilar, en una longitud mayor o igual al doble de la menor dimensión o la sexta parte de la longitud libre del soporte, se dispondrán cercos cerrados de diámetro mayor o igual a 6mm y separados a distancias no mayores que la menor de las siguientes:
 - Un tercio de la menor dimensión del soporte.
 - 8 veces el diámetro de la barra longitudinal comprimida de menor diámetro.
 - 24 veces el diámetro de la armadura transversal.
 - 150mm.
 La armadura definida para estas zonas se prolongará dentro del nudo.
- En las zonas centrales son de aplicación los requisitos generales.

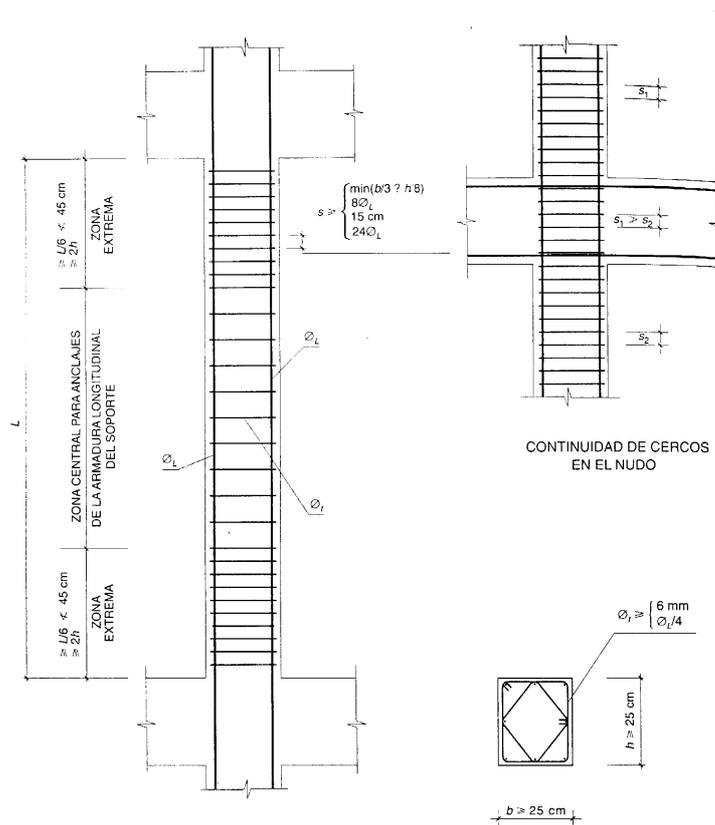


Figura 4

NUDOS

Para la comprobación de las condiciones de los nudos deberá procederse utilizando un modelo de bielas y tirantes, definido de acuerdo con los criterios generales y estableciendo las comprobaciones de los distintos elementos.

PANTALLAS

Este apartado se refiere a elementos de gran rigidez cuya función fundamental es la de resistir esfuerzos horizontales producidos por la acción sísmica y que cumplen las siguientes condiciones:

- El espesor mínimo de la pantalla será de 150mm.
- Las condiciones de rigidez y, por tanto, las dimensiones, no variarán significativamente a lo largo de la altura.
- En el caso de que presenten huecos, éstos estarán alineados verticalmente.

En relación con el anclaje y solapo de las armaduras, se cumplirán las siguientes indicaciones:

- Las longitudes de anclaje de las armaduras se aumentarán 10ϵ respecto a las definidas para cargas estáticas.

Para estructuras sometidas a una $a_c \geq 0.16g$ deben cumplirse los siguientes requisitos, relativos a la disposición de armaduras:

- La armadura longitudinal y transversal estará constituida por un emparrillado en ambas caras, con una separación no superior a 150mm. En cualquier caso, no se dispondrá una cuantía geométrica inferior al 2.5 por % ni superior al 4%.
- Es conveniente, asimismo, disponer de una zona confinada por cercos, en los bordes de la pantalla, en un ancho de al menos la quinta parte del ancho de la pantalla o el duplo de su espesor, con cercos de diámetro igual o superior a 8mm y separados a una distancia no mayor que la menor de las siguientes:
 - La tercera parte del espesor de la pantalla.
 - 10 veces el diámetro de la barra longitudinal más delgada situada en la zona confinada.



DIAGRAMAS HORIZONTALES

Los diagramas horizontales pueden estar constituidos por losas de hormigón o la capa de compresión de los forjados unidireccionales o bidireccionales siempre que su espesor sea mayor o igual que 50mm, se disponga una armadura de reparto y se garantice una adecuada vinculación con los elementos perimetrales (vigas o zunchos).

6.10. CÁLCULOS RELATIVOS A LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS. ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO FRENTE A SOLICITACIONES NORMALES. NORMA EHE, 1998.

DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS ARMADURAS.

Si existen armaduras pasivas en compresión, para poder tenerlas en cuenta en el cálculo será preciso que vayan sujetas por cercos o estribos, cuya separación s_t sea igual o inferior a quince veces el diámetro $A_{E_{\min}}$ de la barra comprimida más delgada y cuyo diámetro A_{E_t} sea igual o superior a la cuarta parte de $A_{E_{\max}}$, siendo $A_{E_{\max}}$ el diámetro de la armadura comprimida más gruesa. Si la separación s_t entre cercos es inferior a $15A_{E_{\min}}$, su diámetro A_{E_t} podrá disminuirse de tal forma que la relación entre la sección del cerco y la separación s_t siga siendo la misma que cuando se adopta:

$$A_{E_t} = 1/4 A_{E_{\max}} \text{ y } s_t = 15 A_{E_{\min}}$$

Para piezas comprimidas, en cualquier caso, s_t debe ser inferior que la dimensión menor del elemento y no mayor que 30cm.

La armadura pasiva longitudinal resistente, o la de piel, habrá de quedar distribuida convenientemente para evitar que queden zonas de hormigón sin armaduras, de forma que la distancia entre dos barras longitudinales consecutivas (s) cumpla las siguientes limitaciones:

$s \leq 30 \text{ cm}$

$s \leq$ tres veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento, alma o alas, en las que vayan situadas.

En zonas de solapo o de doblado de las barras puede ser necesario aumentar la armadura transversal.

Para que los cercos arriostren eficazmente longitudinal, es preciso que sujeten realmente las barras longitudinales en compresión, evitando su pandeo. Así, por ejemplo, si en un soporte la armadura longitudinal se dispone no solo en las esquinas sino también a lo largo de las caras, para que las barras centrales queden realmente sujetas, convendrá adoptar disposiciones que sujeten, al menos, una de cada dos barras consecutivas de la misma cara y todas aquellas que se dispongan a una distancia $a > 15 \text{ cm}$.

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

En los bordes o extremos convendrá disponer armadura transversal suficiente atando todos los nudos.

FLEXIÓN SIMPLE O COMPUESTA

En todos aquellos casos en los que el agotamiento de una sección se produzca por flexión simple o compuesta, la armadura resistente longitudinal traccionada deberá cumplir la siguiente limitación:

$$A_p f_{pd} + A_s f_{yd} \leq 0.25 (W_1 / h) f_{cd}$$

Donde:

A_p	Área de la armadura activa adherente.
A_s	Área de la armadura pasiva.
f_{pd}	Resistencia de cálculo del acero de la armadura activa adherente en tracción.
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero de la armadura pasiva en tracción.
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón en compresión.
W_1	Módulo resistente de la sección bruta relativo a la fibra más traccionada.
h	Canto total de la sección.



La limitación impuesta a la armadura de tracción aparece justificada por la necesidad de evitar que, debido a la insuficiencia de dicha armadura para asegurar la transmisión de los esfuerzos en el momento en que el hormigón se fisura, puede romperse la pieza sin aviso previo al alcanzar el hormigón su resistencia a tracción. Por lo tanto, deberá disponerse de una armadura suficiente para resistir una fuerza de tracción igual a la del bloque traccionado de la sección antes de producirse la fisuración. Para secciones armadas sometidas a flexión compuesta, la fórmula anterior, que no tiene en cuenta el efecto del axil, es conservadora.

Para secciones pretensadas sometidas a flexión, la fórmula anterior supone una simplificación. Se llama la atención sobre que, a los únicos efectos de la expresión anterior, para el cálculo de f_{pd} deberá restarse la tensión correspondiente a la predeformación de la armadura activa. La condición de cuantía mínima puede calcularse también, de forma más precisa, con la siguiente expresión:

$$A_p f_{pd} (d_p / d_s) + A_s f_{yd} \geq 0.25 f_{cd} (W_1 / h) + 1.25 (P_k / h) ((W_1 / A_c) + e)$$

Siendo:

- d_p Profundidad, desde la fibra superior de la sección, de la armadura activa.
- d_s Profundidad, desde la fibra superior de la sección, de la armadura pasiva.
- A_c Área de la sección bruta.
- P_k Fuerza de pretensado.
- e Excentricidad del pretensado respecto del centro de gravedad de la sección bruta
- f_{pd} Resistencia de cálculo del acero de la armadura activa adherente en tracción, incluyendo la tensión correspondiente a la predeformación.

Para secciones de hormigón armado se admite una reducción de la armadura mínima utilizando el factor a que se indica seguidamente:

$$a = 1.5 - 1.95 (A_s h f_{yd} / f_{cd} W_1)$$

Para secciones rectangulares de hormigón armado, los criterios anteriores conducen a las siguientes expresiones:

$$A_s \geq 0.04 A_c (f_{cd} / f_{yd})$$

Siendo A_c el área de la sección total de hormigón y

$$a = 1.5 - 12.5 (A_s f_{yd} / A_c f_{cd})$$

En los casos de flexión compuesta, se recomienda que se disponga una armadura mínima de compresión que cumpla la condición:

$$A'_s f_{yd} \geq 0.05 N_d$$

Siendo A'_s la sección de la armadura comprimida.

COMPRESIÓN SIMPLE O COMPUESTA

En las secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales en compresión A'_{s1} y A'_{s2} deberán cumplir las limitaciones siguientes:

$$A'_{s1} f_{yc,d} \geq 0.05 N_d \quad A'_{s1} f_{yc,d} \leq 0.5 f_{cd} A_c$$

$$A'_{s2} f_{yc,d} \geq 0.05 N_d \quad A'_{s2} f_{yc,d} \leq 0.5 f_{cd} A_c$$

Donde:

- $f_{yc,d}$ Resistencia de cálculo del acero a compresión $f_{yc,d} = f_{yc} \geq 400 \text{ N/mm}^2$.
- N_d Esfuerzo actuante normal mayorado de compresión.
- f_{cd} Resistencia de cálculo del hormigón en compresión.
- A_c Área de la sección total de hormigón.

En los casos de compresión simple, con armadura simétrica, las cuatro fórmulas limitativas, incluidas anteriormente, quedan reducidas a:

$$A'_s f_{yc,d} \geq 0.1 N_d \quad A'_{s1} f_{yc,d} \leq 0.5 f_{cd} A_c$$

siendo A'_s la sección total de las armaduras longitudinales comprimidas.

TRACCIÓN SIMPLE O COMPUESTA

En el caso de secciones de hormigón sometidas a tracción simple o compuesta, provistas de dos armaduras principales, deberán cumplirse las limitaciones:

$$A_p f_{pd} + A_s f_{yd} \geq 0.20 A_c f_{cd}$$

Para secciones armadas sometidas a tracción simple, la fórmula anterior, que no tiene en cuenta el efecto del momento es conservadora.



Para secciones pretensadas sometidas a tracción, la fórmula anterior supone una simplificación. Se llama la atención sobre que, a los únicos efectos de la expresión, para el cálculo de f_{pd} deberá restarse la tensión correspondiente a la predeformación de la armadura activa.

Esta condición puede calcularse también de acuerdo con la siguiente expresión:

$$A_p f_{pd} + A_s f_{yd} \leq 0.20 A_c f_{cd} + P_k$$

donde f_{pd} es la resistencia de cálculo del acero de la armadura activa adherente en tracción, incluyendo la tensión correspondiente a la predeformación.

Esta fórmula non tiene en cuenta la influencia del momento en la evaluación de la resultante de tensiones de tracción en la sección previamente a la fisuración y, por lo tanto, constituye una aproximación del lado de la seguridad.

CUANTÍAS GEOMÉTRICAS MÍNIMAS

En la tabla siguiente se indican los valores de las cuantías geométricas que, en cualquier caso, deben disponerse en los diferentes tipos de elementos estructurales, en función del acero utilizado, siempre que dichos valores resultan más exigentes que los señalados en los tres apartados anteriores:

Tabla 6-55 Norma EHE - Cuantías geométricas mínimas, en tanto por 1000, referidas a la sección total de hormigón

Tipo de elemento estructural	Tipo de acero	
	B 400 S	B 500 S
Pilares	4.0	4.0
Losas ¹⁾	2.0	1.8
Vigas ²⁾	3.3	2.8
Muros ³⁾	Armadura horizontal	4.0
	Armadura vertical	1.2

1) Cuantía mínima de cada una de las armaduras, longitudinal y transversal repartida en las dos caras. Las losas apoyadas sobre el terreno requieren un estudio especial.
 2) Cuantía mínima correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.
 3) 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. La armadura mínima horizontal deberá repartirse en ambas caras. Para muros vistos por ambas caras debe disponerse el 50% en cada cara. Para muros vistos por una sola cara podrán disponerse hasta 2/3 de la armadura total en la cara vista. En el caso en que se disponga de juntas verticales de contracción a distancias no superiores a 7.5m, con la armadura horizontal interrumpida, las cuantías geométricas horizontales mínimas pueden reducirse a la mitad.

La armadura a disponer por cuantía geométrica mínima que se define en la tabla anterior para el caso de losas debe estar repartida en ambas caras del elemento, de forma que su suma sea superior a los valores indicados.

Las cuantías geométricas mínimas para elementos traccionados, parcial o totalmente (debido a flexión simple, compuesta o tracción simple o compuesta), se definen para controlar la fisuración debida a las deformaciones impuestas producidas por temperatura y retracción.

En el caso de elementos sometidos a acciones debidas a cargas exteriores o cuando los esfuerzos de retracción y temperatura se hayan considerado en el cálculo de la armadura, las cuantías obtenidas según los cálculos anteriores son suficientes para el control de las deformaciones impuestas.

Para aquellos elementos sometidos sólo a deformaciones impuestas de este tipo, en los que la estabilidad estructural está asegurada por otros mecanismos (la dirección secundaria en losas estructuralmente unidireccionales, dirección horizontal en muros, etc.), y en los que no se hayan cuantificado explícitamente estos efectos, deberán adoptarse las cuantías mínimas.

Para pilares, elementos estructurales principalmente comprimidos, las cuantías mínimas geométricas tienen una justificación principalmente constructiva.

