

BLOQUE TEMÁTICO 1

UNIDAD TEMÁTICA 1

LECCIÓN 02

ARMADURAS. GENERALIDADES.

1.- GENERALIDADES

1.1. Clasificación De Las Armaduras Según Su Función

- 1.1.1. Armaduras Principales
- 1.1.2. Armaduras Secundarias

1.2. Clasificación según E.H.E.

- 1.2.1. Armaduras Pasivas. Art. 31° E.H.E.
- 1.2.2. Armaduras Activas. Art. 32° E.H.E.

2.- TRABAJOS Y OPERACIONES A REALIZAR

2.1. Enderezado.

2.2. Corte.

2.3. Doblado.

2.4. Montaje.

2.4.1. Atado.

2.4.2. Soldadura.

2.5. Colocación. Separadores.

1.- Generalidades.

1.1.- Clasificación de las armaduras según su función.

1.1.1.- Armaduras principales.

a.) Longitudinales

Tienen por objeto absorber los esfuerzos de tracción originados en las piezas sometidas a flexión y/o tracción, o bien reforzar al hormigón colaborando con él en las zonas que están comprimidas.

b.) Transversales

Tienen por objeto absorber los esfuerzos tangenciales (cortantes o torsores), así como asegurar la necesaria ligazón entre las armaduras principales evitando la formación de fisuras y el pandeo de dichas armaduras.

Las armaduras principales se usan, sobre todo, en:

- Zunchos:

Referencia	Dimensión (cm)		Longitud (m)	Armaduras	
	A	B		Longitudinal	Transversal
Z.F.5	5	23	4	2 ϕ 10	ϕ 8 a 30 cm
Z.F.10	10	23	4 ó 6	4 ϕ 10	ϕ 8 a 30 cm
Z.F.15	15	23	4 ó 6	4 ϕ 10	ϕ 8 a 30 cm

- Pilares:

Referencia	Dimensión (cm)		Longitud (m)	Armaduras	
	A	B		Longitudinal	Transversal
P.F.20	20	20	4 ó 6	4 ϕ 12	ϕ 8 a 30 cm

1.1.2.- Armaduras secundarias.

Tienen por objeto absorber esfuerzos no preponderantes o también, en muchas ocasiones, solucionar problemas de tipo constructivo. Pueden ser:

a.) Montaje

Tienen por objeto facilitar o permitir la colocación de la ferralla.

b.) Piel

Se disponen en los paramentos de vigas de canto importante para cumplir normativa.

c.) Retracción

Se disponen en forjados y losas en general, para evitar efectos térmicos y de retracción.

d.) Reparto

En general se colocan para repartir la carga, especialmente cuando existen cargas concentradas.

1.2.- Clasificación según E.H.E.

1.2.1.- Armaduras pasivas. Art. 31° E.H.E.

1.2.1.1.- Generalidades

Las armaduras pasivas para el hormigón serán de acero y estarán constituidas por:

- Barras corrugadas.
- Mallas electrosoldadas.
- Armaduras básicas electrosoldadas en celosía.

Los diámetros nominales de las barras corrugadas se ajustarán a la serie siguiente:

6 - 8 - 10 - 12 - 14 - 16 - 20 - 25 - 32 y 40 mm.

Los diámetros nominales de los alambres corrugados empleados en las mallas electrosoldadas se ajustarán a la serie siguiente:

5 - 5,5 - 6 - 6,5 - 7 - 7,5 - 8 - 8,5 - 9 - 9,5 - 10 - 10,5 - 11 - 11,5 - 12 y 14 mm.

Los diámetros nominales de los alambres, lisos o corrugados, empleados en las armaduras básicas electrosoldadas en celosía se ajustarán a la serie siguiente:

5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 y 12 mm.

Además de los alambres de los diámetros antes dados, también podrán utilizarse los de diámetro 4 y 4,5 exclusivamente en el caso de forjados unidireccionales de hormigón donde se utilicen armaduras básicas electrosoldadas en celosía, en los elementos transversales de conexión de la celosía.

Las barras y alambres no presentarán defectos superficiales, grietas ni sopladuras.

La sección equivalente no será inferior al 95,5 % de su sección nominal. A los efectos de esta Instrucción, se considerará como límite elástico del acero, f_y , el valor de la tensión que produce una deformación remanente del 0,2 %

Se permite la utilización de alambres corrugados como componentes de mallas electrosoldadas y de armaduras básicas electrosoldadas en celosía (en este último caso, pueden también utilizarse los alambres lisos como elementos de conexión). Se prohíbe expresamente toda otra utilización, diferente de las anteriores, de los alambres, lisos o corrugados, como armaduras pasivas (tanto longitudinales como transversales).

1.2.1.2.- Barras corrugadas.

Barras corrugadas, a los efectos de esta Instrucción, son las que cumplen los requisitos técnicos establecidos en la UNE 36068:94, y entre ellos:

- Presentan, en el ensayo de adherencia por flexión descrito en UNE 36740:98, una tensión media de adherencia τ_{bm} y una tensión de rotura de adherencia τ_{bu} que cumplen simultáneamente las dos condiciones siguientes:

- Diámetros inferiores a 8 mm:

$$\tau_{bm} > 6,88$$

$$\tau_{bu} > 11,22$$

- Diámetros de 8 mm a 32 mm, ambos inclusive:

$$\tau_{bm} > 7,84 - 0,12\Delta$$

$$\tau_{bu} > 12,74 - 0,19\Delta$$

- Diámetros superiores a 32 mm:

$$\tau_{bm} > 4,00$$

$$\tau_{bu} > 6,66$$

donde τ_{bm} y τ_{bu} se expresan en N/mm² y Δ en mm.

Las características de adherencia serán objeto de certificación específica por algún organismo de entre los autorizados en el Artículo 1.º de esta Instrucción para otorgar el CC-EHE. En el certificado se consignarán obligatoriamente los límites admisibles de variación de las características geométricas de los resaltos.

A efectos de control será suficiente comprobar que el acero posee el certificado específico de adherencia y realizar una verificación geométrica para comprobar que los resaltos o corrugas de las barras (una vez enderezadas, si fuera preciso) están dentro de los límites que figuran en dicho certificado.

- Las características mecánicas mínimas garantizadas por el fabricante, de acuerdo con las prescripciones de la tabla 1.2.1.2.a.
- Ausencia de grietas después del ensayo de doblado-desdoblado (Apartado 10.3 de la UNE 36068:94) sobre los mandriles que correspondan según la tabla 1.2.1.2.b.

Tabla 1.2.1.2.a.
Características mecánicas mínimas garantizadas de las barras corrugadas.

Designación	Clase de acero	Límite elástico f_y en N/mm ² no menor que (1)	Carga unitaria de rotura f_u en N/mm ² no menor que (1)	Alargamiento de rotura en % sobre base de 5 diámetros no menor que	Relación f_u/f_y en ensayo no menor que (2)
B 400 S	Soldable	400	440	14	1,05
B 500 S	Soldable	500	550	12	1,05

(1) Para el cálculo de los valores unitarios se utilizará la sección nominal.

(2) Relación mínima admisible entre la carga unitaria de rotura y el límite elástico obtenido en cada ensayo.

Tabla 1.2.1.2.b.
Diámetro de los mandriles.

Designación	Doblado-desdoblado $\alpha = 90^\circ$ $\beta = 20^\circ$			
	$d \leq 12$	$12 < d \leq 16$	$16 < d \leq 25$	$d > 25$
B 400 S	5 d	6 d	8 d	10 d
B 500 S	6 d	8 d	10 d	12 d

donde:

d Diámetro nominal de barra

α Ángulo de doblado

β Ángulo de desdoblado

— Llevar grabadas las marcas de identificación establecidas en el Apartado 12 de la UNE 36068:94, relativas al tipo de acero (geometría del corrugado), país de origen (el indicativo correspondiente a España es el número 7) y marca del fabricante (según el código indicado en el Informe Técnico UNE 36811:98).

Dado que esta Instrucción sólo contempla aceros soldables, el fabricante indicará los procedimientos y condiciones recomendados para realizar, cuando sea necesario, las soldaduras.

La designación de las barras será la siguiente:

- El símbolo Ø.
- El diámetro nominal.
- La letra B, indicativa del tipo de acero (acero para hormigón armado).
- El número 400 o 500 que indica el valor del límite elástico nominal garantizado, expresado en MPa.
- Las letras S (indica la condición de soldable) o SD (indican la condición de soldable y las características especiales de ductilidad).
- Referencia a la norma correspondiente, con indicación expresa del año de edición.

1.2.1.3.- Mallas electrosoldadas.

Mallas electrosoldadas, a los efectos de esta Instrucción, son aquellas que cumplen los requisitos técnicos prescritos en la UNE 36092:96.

Las mallas electrosoldadas son el producto formado por dos sistemas de elementos (barras o alambres) que se cruzan entre si perpendicularmente y cuyos puntos de contacto están unidos mediante soldadura eléctrica por un proceso de producción en serie en instalación fija. Deben ser fabricadas con barras corrugadas que cumplen lo especificado en 1.2.1.2, o con alambres corrugados que cumplen las condiciones de adherencia especificadas en 1.2.1.2. y lo especificado en la tabla 1.2.1.3.

En mallas no cuadradas se define 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.

Tabla 1.2.1.3. Características mecánicas mínimas garantizadas de los alambres.

Designación de los alambres	Ensayo de tracción (1)				Ensayo de doblado-desdoblado $\alpha = 90^\circ$ (5) $\beta = 20^\circ$ (6) Diámetro de mandril D'
	Límite elástico f_y N/mm ² (2)	Carga unitaria f_S N/mm ² (2)	Alargamiento de rotura (%) sobre base de 5 diámetros	Relación f_S/f_y	
B 500 T	500	550	8 (3)	1,03 (4)	8 d (7)

(1) Valores característicos inferiores garantizados.

(2) 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.

(3) Además, deberá cumplirse:

$$A\% \geq 20 - 0,02f_{yl}$$

donde:

A Alargamiento de rotura

f_{yl} Límite elástico medido en cada ensayo

(4) Además, deberá cumplirse:

$$\frac{f_{yl}}{f_{yk}} \geq 1,05 - 0,1 \left(\frac{f_{yl}}{f_{yk}} - 1 \right)$$

donde:

f_{yl} Límite elástico medido en cada ensayo

f_{yk} Carga unitaria obtenida en cada ensayo

f_{yk} Límite elástico garantizado

(5) α Ángulo de doblado.

(6) β Ángulo de desdoblado.

(7) d Diámetro nominal del alambre.

Cada paquete debe llegar al punto de suministro (obra, taller de ferralla o almacén) con una etiqueta de identificación conforme a lo especificado en la UNE 36092-1:96. Las barras o alambres que constituyen los elementos de las mallas electrosoldadas, deberán llevar grabadas las marcas de identificación, de acuerdo con los Informes Técnicos UNE 36811:98 y UNE 36812:96 para barras y alambres corrugados respectivamente, como se establece en 1.2.1.2.

Las mallas electrosoldadas se designarán, de acuerdo con la UNE 36092:96, de la forma siguiente:

$$ME \text{ sl x st } A \text{ } \emptyset \text{ dl} - dt \text{ B } 500 \text{ X } l \text{ x } b \text{ UNE } 36092:96$$

donde:

ME Letras distintivas del producto.

sl, st Las separaciones entre alambres longitudinales y transversales respectivamente, expresadas en centímetros, unidas por el signo x.

L Longitud del panel, expresada en metros.

b Anchura del panel, expresada en metros.

Las medidas de uso más frecuente de las mallas electrosoldadas son:

Separación barras		Diámetro barras		Sección acero barras		Masa		Capacidades mecánicas			
Long.	Trans.	Long.	Trans.	Long.	Trans.	Panel	m ²	s=1,10		s=1,15	
cm		mm		cm ² /m		kg	kg	Long.	Trans.	Long.	Trans.
15	15	4	4	0,84	0,84	17,56	1,33	3,88	3,88	3,72	3,72
15	15	5	5	1,31	1,31	25,58	1,94	6,07	6,07	5,81	5,81
15	15	6	6	1,88	1,88	36,85	2,79	8,74	8,74	8,36	8,36
15	15	8	8	3,35	3,35	65,56	4,97	15,54	15,54	14,86	14,86
15	15	10	10	5,24	5,24	98,72	7,48	24,28	24,28	23,22	23,22
15	15	12	12	7,54	7,54	142,09	10,76	34,96	34,96	33,44	33,44
20	20	4	4	0,63	0,63	13,02	0,99	2,91	2,91	2,79	2,79
20	20	5	5	0,98	0,98	18,49	1,40	4,56	4,56	4,36	4,36
20	20	6	6	1,41	1,41	27,97	2,12	6,55	6,55	6,27	6,27
20	20	8	8	2,51	2,51	47,40	3,59	11,65	11,65	11,15	11,15
20	20	10	10	3,93	3,93	74,04	5,61	18,21	18,21	17,42	17,42
20	20	12	12	5,65	5,65	106,56	8,07	26,22	26,22	25,08	25,08
20	30	5	5	0,98	0,65	15,10	1,14	4,56	3,04	4,36	2,90
30	30	6	6	0,94	0,94	19,09	1,45	4,37	4,37	4,18	4,18

1.2.1.4.- Armaduras básicas electrosoldadas en celosía.

Armaduras básicas electrosoldadas en celosía, a los efectos de esta Instrucción, son aquellas que cumplen los requisitos técnicos prescritos en la UNE 36739:95 EX. Es un producto formado por un sistema 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 longitudinal superior, dos elementos longitudinales inferiores y dos elementos transversales de conexión que forman la celosía. Todos los elementos están constituidos por barras o alambres, que deben ser corrugados en el caso de los elementos superior e inferiores, y pueden ser lisos o corrugados en el caso de los elementos de conexión.

Los elementos que conforman las armaduras básicas electrosoldadas en celosía cumplirán los requisitos indicados en 1.2.1.2 cuando se trate de barras corrugadas y los contenidos en la tabla 1.2.1.3 cuando se trate de alambres, lisos o corrugados. Los alambres corrugados deberán cumplir, además, las condiciones de adherencia especificadas en 1.2.1.2.

Los paquetes de armaduras deben llegar al punto de suministro (obra, taller de ferralla o almacén) identificados conforme a lo que se especifica en la UNE 36739:95 EX. Las barras o alambres que constituyen los elementos de las armaduras básicas electrosoldadas en celosía, deberán llevar grabadas las marcas de identificación, de acuerdo con los Informes Técnicos UNE 36811:98 y UNE 36812:96 para barras y alambres corrugados, respectivamente, como se establece en 1.2.1.2.

Las armaduras básicas electrosoldadas en celosía se designarán, de acuerdo con la UNE 36739:95 EX de la forma siguiente:

a.) Designación del tipo de armadura básica, compuesta por los siguientes símbolos:

- Las letras AB distintivas del producto.
- Anchura total de la base (b_1) y altura total (h_1), expresadas en mm., unidas por el signo x.
- Paso de celosía (c), expresado en mm precedido del signo /.
- Diámetro del elemento longitudinal superior (d_s), expresado en mm.
- Número de barras o alambres y diámetro de los elementos de la celosía (d_c), expresado en mm.
- El símbolo L, en el caso de que los elementos de la celosía sean alambres lisos.
- Número de barras o alambres y diámetro de los elementos longitudinales inferiores (d_i) expresado en mm.

b.) Designación del tipo de acero:

- B 500 T para el material según la UNE 36099:94 o la UNE 36731:96.
- B 500 S o B 400 S para el material según la UNE 36068:94.

c.) Longitud de la armadura (l) expresada en m.

d.) Referencia a la UNE 36739:95 EX.

1.2.2.- Armaduras activas. Art. 32º E.H.E.

1.2.2.1.- Generalidades

Se denominan armaduras activas a las de acero de alta resistencia mediante las cuales se introduce la fuerza del pretensado.

Sus elementos constituyentes pueden ser: alambres, barras o cordones. La definición de estos elementos es la siguiente:

- Alambre: Producto de sección maciza, procedente de un estirado en frío o trefilado de alambrón, que normalmente se suministra en rollo.
- Barra: Producto de sección maciza, que se suministra solamente en forma de elementos rectilíneos.
- Cordón de 2 ó 3 alambres: Conjunto formado por dos o tres alambres de igual diámetro nominal d , todos ellos arrollados helicoidalmente, con el mismo paso y el mismo sentido de torsión, sobre un eje ideal común.
- Cordón de 7 alambres: Conjunto formado por seis alambres de igual diámetro nominal d , arrollados helicoidalmente, con igual paso y en el mismo sentido de torsión, alrededor de un alambre central recto cuyo diámetro estará comprendido entre $1,02 d$ y $1,05 d$.

Se denomina *tendón* al conjunto de las armaduras paralelas de pretensado que, alojadas dentro de un mismo conducto, se consideran en los cálculos como una sola armadura.

En el caso de armaduras pretensas, recibe el nombre de tendón cada una de las armaduras individuales.

1.2.2.2.- Características mecánicas.

A los efectos de esta Instrucción, las características fundamentales que se utilizan para definir la calidad de los aceros de las armaduras activas son las siguientes:

- a) Diagrama tensión-deformación (carga unitaria-alargamiento, en porcentaje).
- b) Carga unitaria máxima a tracción ($f_{m\acute{a}x}$).
- c) Límite elástico (f_y).
- d) Alargamiento remanente concentrado de rotura (u).
- e) Alargamiento bajo carga máxima (máx.).
- f) Módulo de elasticidad (E_s).
- g) Estricción (), expresada en porcentaje.
- h) Aptitud al doblado alternativo (sólo para alambres).
- i) Relajación.
- j) Resistencia a la fatiga.
- k) Susceptibilidad a la corrosión bajo tensión.

l) Resistencia a la tracción desviada (sólo para cordones de diámetro nominal igual o superior a 13 mm).

Los fabricantes deberán garantizar, como mínimo, las características indicadas en b), c), e), f), h) e i).

1.2.2.3.- Alambres.

Alambres de pretensado, a los efectos de esta Instrucción, son aquellos que cumplen los requisitos técnicos establecidos en la UNE 36094:97. Puede haber 2 tipos:

- Alambre liso: Es aquel 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 aquel cuya superficie presenta rehundidos o resaltos (grafilas) periódicamente distribuidos a lo largo de su longitud, con objeto de mejorar su adherencia con el hormigón.

Sus características mecánicas, obtenidas a partir del ensayo a tracción realizado según la UNE 7474:92, deberán cumplir las siguientes prescripciones:

— La carga unitaria máxima $f_{m\acute{a}x}$ no será inferior a los valores que figuran en la tabla 1.2.2.3.a.

Tabla 1.2.2.3.a.

Designación	Serie de diámetros nominales, en mm	Carga unitaria máxima $f_{m\acute{a}x}$ en N/mm ² no menor que
Y 1570 C	9,4 - 10,0	1.570
Y 1670 C	7,0 - 7,5 - 8,0	1.670
Y 1770 C	3,0 - 4,0 - 5,0 - 6,0	1.770
Y 1860 C	4,0 - 5,0	1.860

— El límite elástico f_y estará comprendido entre el 0,85 y el 0,95 de la carga unitaria máxima $f_{m\acute{a}x}$. Esta relación deberán cumplirla no sólo los valores mínimos garantizados, sino también los correspondientes a cada uno de los alambres ensayados.

— El alargamiento bajo carga máxima medido sobre una base de longitud igual o superior a 200 mm no será inferior al 3,5 por 100. Para los alambres destinados a la fabricación de tubos, dicho alargamiento será igual o superior al 5 por 100.

En los alambres de diámetro igual o superior a 5 mm o de sección equivalente, la pérdida de resistencia a la tracción después de un doblado-desdoblado, realizado según la UNE 36461:80 no será superior al 5 por 100.

El número mínimo de doblados-desdoblados que soportará el alambre en la prueba de doblado alternativo realizada según la UNE 36461:80 no será inferior a:

- Para alambres destinados a obras hidráulicas o sometidos a ambiente corrosivo..... 7
- En los demás casos3

La relajación a las 1.000 horas a temperatura de $20^\circ \pm 1^\circ\text{C}$, y para una tensión inicial igual al 70 por 100 de la carga unitaria máxima garantizada, determinada según la UNE 36422:85, no será superior al 2 por 100 (alambres enderezados y con tratamiento de estabilización).

Los valores del diámetro nominal, en milímetros, de los alambres se ajustarán a la serie siguiente:

3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 7,5 - 8 - 9,4 - 10

Las características geométricas y ponderales de los alambres de pretensado, así como las tolerancias correspondientes, se ajustarán a lo especificado en la UNE 36094-2:97.

El fabricante puede suministrar a título informativo valores de la relajación correspondiente a una tensión inicial de 60, 70 y 80 por 100 de la carga unitaria máxima garantizada o de la real. Ésta se determina sobre una muestra adyacente a la sometida al ensayo de relajación. A falta de información del fabricante, los valores antes mencionados, pueden tomarse de la tabla 1.2.2.3.b, en la cual los valores de relajación correspondientes al 60, 70 y 80 por 100 de la carga unitaria máxima real son los indicados en UNE 36094-2:97.

Tabla 1.2.2.3.b.
Valores de relajación

Tensión inicial en porcentaje de la carga unitaria máxima $f_{m\acute{a}x}$		Relajación
60%	de $f_{m\acute{a}x}$ garantizada	1,3
	de $f_{m\acute{a}x}$ real	1,5
70%	de $f_{m\acute{a}x}$ garantizada	2,0*
	de $f_{m\acute{a}x}$ real	2,5
80%	de $f_{m\acute{a}x}$ garantizada	4,0
	de $f_{m\acute{a}x}$ real	4,5

* Este valor es el exigido en el Articulado.

1.2.2.4.- Barras.

Las características mecánicas de las barras de pretensado, deducidas a partir del ensayo de tracción realizado según la UNE 7474:92 deberán cumplir las siguientes prescripciones:

- La carga unitaria máxima $f_{m\acute{a}x}$ no será inferior a 980 N/mm².
- El límite elástico f_y , estará comprendido entre el 75 y el 90 por 100 de la carga unitaria máxima $f_{m\acute{a}x}$. Esta relación deberán cumplirla no sólo los valores mínimos garantizados, sino también los correspondientes a cada una de las barras ensayadas.
- El alargamiento bajo carga máxima medido sobre una base de longitud igual o superior a 200 mm. no será inferior al 3,5 por 100.
- El módulo de elasticidad tendrá el valor garantizado por el fabricante con una tolerancia del ± 7 por 100.

Las barras soportarán sin rotura ni agrietamiento el ensayo de doblado especificado en la UNE 7472:89.

La relajación a las 1.000 horas a temperatura de $20^\circ \pm 1^\circ$ C y para una tensión inicial igual al 70 por 100 de la carga unitaria máxima garantizada, no será superior al 3 por 100.

El ensayo se realizará según la UNE 36422:85.

1.2.2.5.- Cordones

Cordones, a los efectos de esta Instrucción, son aquéllos que cumplen los requisitos técnicos establecidos en la UNE 36094:97. Sus características mecánicas, obtenidas a partir del ensayo a tracción realizado según la UNE 7326:88, deberán cumplir las siguientes prescripciones:

— La carga unitaria máxima $f_{m\acute{a}x}$ no será inferior a los valores que figuran en la tabla 1.2.2.5.a en el caso de cordones de 2 ó 3 alambres y 1.2.2.5.b en el caso de cordones de 7 alambres.

Tabla 1.2.2.5.a.
Cordones de 2 o 3 alambres

Designación	Serie de diámetros nominales, en mm	Carga unitaria máxima $f_{m\acute{a}x}$ en N/mm ² no menor que:
Y 1770 S2	5,6 - 6,0	1.770
Y 1860 S3	6,5 - 6,8 - 7,5	1.860
Y 1960 S3	5,2	1.960
Y 2060 S3	5,2	2.060

Tabla 1.2.2.5.b.
Cordones de 7 alambres

Designación	Serie de diámetros nominales, en mm	Carga unitaria máxima $f_{m\acute{a}x}$ en N/mm ²
Y 1770 S7	16,0	1.770
Y 1860 S7	9,3 - 13,0 - 15,2 - 16,0	1.860

— El límite elástico f_y estará comprendido entre el 0,88 y el 0,95 de la carga unitaria máxima $f_{m\acute{a}x}$. Esta limitación deberán cumplirla no sólo los valores mínimos garantizados, sino también cada uno de los elementos ensayados.

— El alargamiento bajo carga máxima, medido sobre una base de longitud igual o superior a 500 mm, no será inferior al 3,5 por 100.

— La estricción a la rotura será visible a simple vista.

— El módulo de elasticidad tendrá el valor garantizado por el fabricante, con una tolerancia de ± 7 por 100.

— La relajación a las 1.000 horas a temperatura de $20^\circ \pm 1^\circ \text{C}$, y para una tensión inicial igual al 70 por 100 de la carga unitaria máxima garantizada, determinada según la UNE 36422:85, no será superior al 2 por 100.

El valor del coeficiente de desviación D en el ensayo de tracción desviada (UNE 36466:91) no será superior a 28, para los cordones con diámetro nominal igual o superior a 13 mm.

El ensayo de tracción desviada consiste en someter una determinada longitud del cordón, desviada en su centro mediante un mandril, a una tracción creciente hasta producir la rotura de al menos uno de los alambres del cordón. Su objeto es determinar el comportamiento del cordón de

pretensado bajo tensión multiaxial. En la práctica, a esta tensión suelen verse sometidos los cordones de trazado no recto, o desviados en el anclaje.

Las características geométricas y ponderales, así como las correspondientes tolerancias de los cordones, se ajustarán a lo especificado en la UNE 36094-3:97.

Los alambres utilizados en los cordones soportarán el número de doblados y desdoblados indicados en 1.2.2.3.

El fabricante puede suministrar a título informativo valores de la relajación correspondiente, a unas tensiones iniciales de 60, 70 y 80 por 100 de la carga unitaria máxima garantizada o de la real. Esta se determina sobre una muestra adyacente a la sometida al ensayo de relajación. A falta de información del fabricante, los valores antes mencionados, pueden tomarse de la tabla 1.2.2.5.c, en la cual los valores de relajación correspondientes al 60, 70 y 80 por 100 de la carga unitaria máxima real son los indicados en la UNE 36094-3:97

Tabla 1.2.2.5.c.
Valores de la relajación

Tensión inicial en porcentaje de la carga unitaria máxima $f_{m\acute{a}x}$		Relajación
60%	de $f_{m\acute{a}x}$ garantizada	1,3
	de $f_{m\acute{a}x}$ real	1,5
70%	de $f_{m\acute{a}x}$ garantizada	2,0*
	de $f_{m\acute{a}x}$ real	2,5
80%	de $f_{m\acute{a}x}$ garantizada	4,0
	de $f_{m\acute{a}x}$ real	4,5

* Este valor es el exigido en el Articulado.

2.- TRABAJOS Y OPERACIONES A REALIZAR.

2.1.- Enderezado.

Las armaduras suministradas en rollos, salvo que puedan utilizarse desde el mismo para fabricar armaduras helicoidales, circulares o alimentar directamente máquinas de fabricación de estribos, deben ser enderezadas. Para ello se utilizan máquinas enderezadoras, que se alimentan de uno o varios rollos. El enderezado no deberá afectar a las características mecánicas del material, ni a la geometría del corrugado.

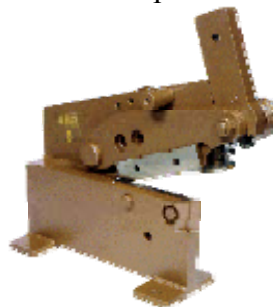


2.2.- Corte.

Antes de proceder a la elaboración de la ferralla, las armaduras deben ser cortadas. La longitud de las barras debe ajustarse a la necesaria para que después de doblada y elaborada según planos, la armadura cumpla con las tolerancias prescritas. Para organizar esta operación se preparan las hojas de despiece de armaduras, las cuales se basan en los planos de definición de armaduras.

El corte se realizara mediante cizalla o con cortadoras. Existen varios tipos:

- **Cortadoras portátiles**, conocidas como **cizallas manuales**. Solo permiten el corte de barras hasta 14 mm de diámetro, pueden pesar hasta 5 Kg. y su longitud total no sobrepasa el metro. La mala utilización puede dar lugar a roturas mucho mas prematuras.



- **Cortadoras no portátiles, o cortadoras “de obra”**. Son cizallas fijas de hasta los 200 Kg., no portátiles pero desplazables. Pueden cortar hasta

el diámetro 25 mm. Debiendo prestar especial cuidado en no sobrepasar el límite máximo. No permiten en general cortar más de tres barras de forma simultáneamente.



- *Cortadoras de alto rendimiento*, son las habituales en instalaciones fijas de elaboración de ferralla. Hasta diámetro 32 mm.



2.3.- Doblado.

El doblado tiene como misión dar la forma definitiva a las armaduras. Es una operación de trascendental importancia, pues las tolerancias definitivas de posición de las armaduras dependerán de su forma y de las dimensiones de los estribos. Por otro lado, esta operación debe llevarse a cabo con mucha precisión, dado que el desdoblado de armaduras y rectificación de formas no debe realizarse de forma general, requiriendo el proceso su total eficacia en una única operación.

Los radios de los mandriles utilizados en el doblado de armaduras están limitados debido a dos orígenes:

- Por riesgo de daños en la barra. Eso está cubierto en las Normas con el ensayo de doblado simple y el de doblado-desdoblado.
- Por riesgo de presiones excesivas en el hormigón.

Se puede efectuar con la grifa, herramienta formada por una barra metálica con dos salientes paralelos en uno de los dos extremos, que definen una U, donde se introduce el redondo que se quiere doblar.

De acuerdo con sus rendimientos y potencia, podemos distinguir los siguientes equipos de doblado:

- **Herramientas de doblado**, también denominadas **grifas**. Es una palanca de hasta 1m de longitud, que haciendo palanca sobre un cilindro de diámetro adecuado permite doblar barras hasta el diámetro 25 mm. La barra debe estar fija, y las formas que pueden lograrse por este procedimiento están limitadas.



- **Dobladoras mecánicas manuales**. Consta de un motor que gira con el eje vertical y sobre un mandril intercambiable la barra se dobla. Las operaciones de arranque y parada y el marcado son manuales, por lo que la forma final depende de la destreza del operario. Permiten doblar una barra del diámetro 32 mm. O un número superior para diámetros mas pequeños.



- **Dobladoras de alto rendimiento**. En instalaciones fijas se utilizan dobladoras de alto rendimiento. Permiten doblar varias barras de gran diámetro y el motor de doblado está provisto de un embrague, de tal forma que se puede programar el giro y la maquina realiza las paradas automáticamente. Estas maquinas pueden estar combinadas con alimentadoras-cortadoras, con lo cual automatizan todas las operaciones de fabricación.



El diámetro mínimo de doblado de una barra ha de ser tal que evite compresiones excesivas y hendimiento del hormigón en la zona de curvatura de la barra, debiendo evitarse fracturas en la misma originadas por dicha curvatura.

Asimismo, no debe doblarse un número elevado de barras en una misma sección de la pieza, con objeto de no crear una concentración de tensiones en el hormigón que pudiera llegar a ser peligrosa.

El doblado de las barras, salvo indicación en contrario del proyecto, se realizará con mandriles de diámetro no inferior a los indicados en la Tabla 2.3.a

Tabla 2.3.a.

Diámetro mínimo de los mandriles

Barras corrugadas	Ganchos, patillas y gancho en U (ver figura 66.5.1)		Barras dobladas y otras barras curvadas	
	Diámetro de la barra en mm		Diámetro de la barra en mm	
	$\varnothing < 20$	$\varnothing \geq 20$	$\varnothing \leq 25$	$\varnothing > 25$
B 400 S B 500 S	4 \varnothing 4 \varnothing	7 \varnothing 7 \varnothing	10 \varnothing 12 \varnothing	12 \varnothing 14 \varnothing

Los cercos o estribos de diámetro igual o inferior a 12 mm podrán doblarse con diámetros inferiores a los anteriormente indicados con tal de que ello no origine en dichos elementos un principio de fisuración. Para evitar esta fisuración, el diámetro empleado no deberá ser inferior a 3 veces el diámetro de la barra, ni a 3 centímetros.

En el caso de las mallas electrosoldadas, rigen también las limitaciones anteriores siempre que el doblado se efectúe a una distancia igual o superior a cuatro diámetros contados a partir del nudo, o soldadura, más próximo. En caso contrario el diámetro mínimo de doblado no podrá ser inferior a 20 veces el diámetro de la armadura.

2.4.- Montaje.

Sobre caballetes o anillas se montan las barras longitudinales de las esquinas de la pieza con unos cercos. Luego se monta el resto de las armaduras longitudinales y se termina colocando todos los cercos y estribos, atando cada barra para evitar el cambio de posición de las mismas.

Cuando el conjunto no tiene rigidez suficiente (pilares esbeltos y poco armados, etc.) se refuerza dicha rigidez con barras inclinadas de montaje, que no cumplen ninguna función estructural y simplemente atan barras longitudinales opuestas.

2.4.1.- Atado.

Operaciones destinadas a fijar las armaduras entre sí, de tal forma que la ferralla adquiera su forma global definida en los planos y la mantenga durante el transporte, montaje y hormigonado.

Atado con alambre: se suele utilizar alambre negro de acero, normalmente con un diámetro de 1,2 a 1,6 mm, realizando el atado con tenaza. También pueden usarse alambres de diferentes longitudes con ganchos en sus extremos, que se atan mediante una herramienta que maneja el ferrallista, constituida por un tornillo sin fin. También pueden utilizarse atadoras mecánicas y clips de alambre.



Atados con puntos de soldadura: Es un procedimiento económico y rápido, que proporciona a las jaulas de ferralla gran rigidez.

Existen dos procedimientos básicos de soldadura: por electrodo o por resistencia. La soldadura debe garantizar la resistencia de la unión y que no se suelte en su manipulación, así como la no reducción de la ductilidad ni resistencia de las barras en la zona de soldadura. Estos requisitos restringen el uso de este procedimiento de atado a los talleres industrializados de ferralla que cuenten con control de calidad específico de este proceso, dado que estas condiciones difícilmente pueden darse si se realiza en obra. La Instrucción EH-91 prohíbe el atado mediante soldeo cuando la ferralla se encuentra en los encofrados o moldes, debiendo ser una operación previa a la colocación de la “jaula” de ferralla en el encofrado.

El número de uniones a realizar para el correcto atado de la ferralla depende de la tipología de ésta y en cualquier caso debe ser el suficiente para que las armaduras no se muevan y estén fijadas en sus posiciones tanto en el transporte, montaje y hormigonado. Hay que tener en cuenta estas operaciones son relativamente bruscas (las armaduras se golpean con cierta energía al colocarlas en los encofrados) y cualquier regla que pueda establecerse debe ser conservadora y garantizar el atado y fijación de las armaduras.

A continuación se citan unas reglas generales para el atado de armaduras:

- Cimientos , losas , placas y elementos superficiales horizontales. Deben atarse todos los cruces de barras del perímetro del panel de armadura. Cuando las barras de la armadura principal tengan un diámetro igual o inferior a 12 mm. , se sujetan en el resto del panel los cruces de barras de

forma alternativa. Cuando dicho diámetro sea superior a 12 mm. , los cruces atados no deben distanciarse mas de 50 mm.

2.4.2.- Soldadura.

Existen dos procedimientos básicos de soldadura: por electrodo y por resistencia.

Se trata de uniones no resistentes, es decir no destinadas a proporcionar ningún anclaje mecánico, aunque existen excepciones en las que las jaulas de ferralla deben fijarse por soldadura resistente, de cara a contar con el anclaje que proporcionan las barras transversales.

La soldadura debe garantizar la resistencia de la unión, y que no se suelte en su manipulación, así como la no reducción de la ductilidad ni resistencia de las barras en la zona de soldadura. Estos requisitos restringen el uso de este procedimiento de atado a los talleres industrializados de ferralla que cuenten con control de calidad específico de este proceso, dado que estas condiciones difícilmente pueden darse si se realizan en obra. La instrucción EHE permite el atado de la ferralla mediante la técnica de soldadura, siempre que se respeten las especificaciones de la norma UNE 36832:

- a) Entre armaduras:
 - a. Uniones a tope.
 - b. Uniones por empalme
 - c. Uniones con cubrejuntas.
 - d. Uniones en cruz

- b) Con otros perfiles metálicos:
 - a. Uniones tangentes
 - b. Uniones terminales

Uniones a tope:

Este tipo de unión debe realizarse únicamente en barras coaxiales de diámetros comprendidos entre 16 mm. Y 32 mm., mediante soldadura simple o doble. Las barras pueden ser de diferente diámetro. Debe existir penetración total en la soldadura y la fusión tiene que ser completa con el propósito de poder considerar como área efectiva la de las barras que se están uniendo. Si son de diferente diámetro , debe considerarse el área de la menor. Con carácter general , si las barras que se van a unir se encuentran en posición horizontal, puede usarse indistintamente la preparación de bordes mediante V simple o doble. Si su posición es vertical debe realizarse la preparación en bisel, simple o doble. En el caso de que se vaya a realizar una unión entre barras del mismo diámetro , siendo éste 25 mm. o inferior, es recomendable utilizar casquillos o chapas

para el soporte del baño de fusión. La preparación de bordes tiene que realizarse mediante V simple o bisel simple, según se trate de barras horizontales o verticales, respectivamente.

Uniones con cubrejunta:

Estas uniones se conocen también como uniones a tope indirectas. En definitiva, se trata de utilizar un elemento auxiliar para unir dos barras coaxiales del mismo diámetro. El elemento auxiliar puede ser otros dos tramos de barra, una pletina o un angular. Las dos barras auxiliares a utilizar como cubrejunta deben tener un sección conjunta igual, al menos, a la de las barras a unir, en el supuesto de que sean de las mismas características mecánicas. Si los límites elásticos de unas y otras barras son diferentes, es necesario realizar una corrección de la sección proporcionalmente a la relación entre ambos.

Uniones por solape:

Las uniones por solape se realizarán, en principio, por soldadura entre las dos barras a unir, por ambos lados de la generatriz de contacto. Se permitirá realizarlas soldando tan solo uno de los lados si la junta no es accesible por el otro lado, siempre que lo apruebe previamente el técnico responsable de la estructura. En este tipo de unión el hormigón que rodea la armadura en la zona de la junta debe ser reforzado transversalmente con cercos o estribos para evitar fisuras debidas a la tendencia a enderezarse por la excentricidad de las fuerzas. En relación con este fenómeno debe tomarse la precaución de que se el plano definido por los ejes de las barras es perpendicular a la cara exterior de la pieza de la estructura, la longitud total del solape no debe ser inferior a $15 \varnothing$, si el diámetro de las barras es 20 mm. o superior.

Uniones en cruz:

Las uniones en cruz no resistentes no requieren precauciones especiales. Si son resistentes, deben cumplirse las características geométricas. En el caso de las uniones no resistentes es esencial que el proceso no produzca ni una reducción apreciable de la sección de las barras ni una merma de sus características mecánicas ni de su ductilidad.

Uniones tangentes:

Las uniones tangentes entre barras y perfiles metálicos pueden realizarse aplicando la soldadura por uno o por ambos lados de las barras. En ambos casos la garganta eficaz de la soldadura debe considerarse aproximadamente igual a $0,3 \varnothing$.

Uniones terminales:

Las uniones terminales de una barra con un perfil metálico pueden realizarse, básicamente, de tres formas diferentes.

Además hay que tener en cuenta lo siguiente:

a) pueden unirse a un mismo perfil varias barras, aunque para facilitar la accesibilidad durante la soldadura el espacio libre entre barras no debe ser inferior a $2 \varnothing$.

b) Si la unión se realiza conectando la barra a tope sobre el perfil, debe asegurarse el contacto entre ambos electos. El corte de la barra tiene que ser perpendicular a su eje y a la desviación entre el plano de la placa y el del extremo de la barra debe ser igual o inferior a $1,5^\circ$.

Procesos de soldadura:

De los diferentes procesos de soldadura existentes, los de mayor aplicación son los siguientes:

- Arco manual con electrodo revestido.
- Semiautomática por arco con protección gaseosa.
- Resistencia eléctrica.

Soldadura por arco manual con electrodo revestido:

Para este proceso de soldadura se utilizarán electrodos de las siguientes características:

- a) De rutilo y rutilo ácido o rutilo básico con revestimiento de espesor medio o grueso, así como de gran rendimiento con una eficiencia de hasta 160%.
- b) Básicos y de componentes no básicos con revestimiento grueso, los cuales deben secarse antes de su uso , de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

Soldadura semiautomática por arco con protección gaseosa:

Para este tipo de soldaduras se pueden usar indistintamente dióxido de carbono o mezclas de éste con Argón. Pueden efectuarse las mismas uniones que con arco manual, siendo de aplicaciones las mismas consideraciones efectuadas previamente.

Soldadura por puntos mediante resistencia eléctrica:

Las soldaduras por puntos mediante eléctrica se aplican tan solo a uniones por solape no resistentes y a uniones en cruz. Las máquinas de soldadura utilizadas deben incorporar control asíncrono , de forma que los distintos parámetros de la soldadura sean reproducibles. Estos equipos deberán disponer de elementos auxiliares para el tratamiento térmico postsoldadura. Antes de comenzar la soldadura es necesario establecer los ajustes en el equipo, debiendo efectuarse un seguimiento de las condiciones del proceso de fabricación , mediante los correspondientes ensayos. La distancia entre puntos de soldadura de uniones no resistentes por solape no debe ser inferior a 5 veces el diámetro nominal de la mayor de las barras.

Su utilización para el atado en obra solamente se admite en los casos previstos en Proyecto y autorizados por la Dirección de Obra. Se prohíbe expresamente la fijación por soldadura una vez situada la ferralla en los moldes o encofrados

2.5.- Colocación. Separadores.

Las armaduras se colocarán limpias, exentas de óxido no adherente, pintura grasa o cualquier otra sustancia perjudicial. Se dispondrán de acuerdo con las indicaciones del proyecto, sujetas entre sí y al encofrado o molde, de

manera que no puedan experimentar movimiento durante el vertido y compactación del hormigón, y permita a éste envolverlas sin dejar coqueas. Las armaduras deben colocarse en sus posiciones definitivas dentro de los encofrados. Según los elementos, parte de la ferralla se coloca totalmente atada dentro de los encofrados, pero posteriormente hay que atar y fijar algunos elementos “in situ”. En estos casos, y como se indicó anteriormente, el único medio de atado permitido es el atado con alambre, o bien el empleo de empalmes metálicos.

Para que se cumplan los recubrimientos mínimos se usan una serie de dispositivos que separan las armaduras de los paramentos. Estos dispositivos se denominan:

- **Separadores:** pieza destinada a proporcionar el recubrimiento nominal entre la armadura y la superficie de la pieza de hormigón. Normalmente los separadores se fijan al hormigón bien por una acción de pinza, bien por un atado por alambre. Algunos tipos de separadores no se atan ni sujetan a las barras o alambres. La disposición de estos separadores viene dada en la tabla 2.5.a.

Tabla 2.5.a.
Disposición de separadores

Elemento		Distancia máxima
Elementos superficiales horizontales (losas, forjados, zapatas y losas de cimentación, etc.)	Emparrillado inferior	50 \varnothing ó 100 cm
	Emparrillado superior	50 \varnothing ó 50 cm
Muros	Cada emparrillado	50 \varnothing ó 50 cm
	Separación entre emparrillados	100 cm
Vigas ⁽¹⁾		100 cm
Soportes ⁽¹⁾		100 \varnothing ó 200 cm

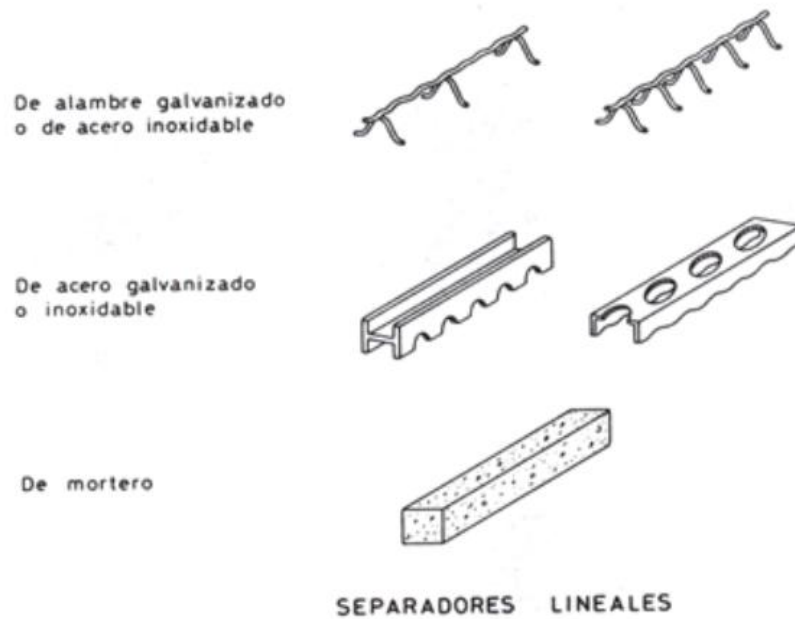
(1) Se dispondrán, al menos, tres planos de separadores por vano, en el caso de las vigas, y por tramo, en el caso de los soportes, acoplados a los cercos o estribos.

\varnothing Diámetro de la armadura a la que se acople el separador.

Pueden ser:

- 1.-) **Separadores lineales:** normalmente destinados a mantener en posición la armadura inferior de las zapatas, losas, vigas, etc. (Fig. 1).

Fig. 1



2.-) **Separadores puntuales:** pueden ser de hormigón o de plástico.

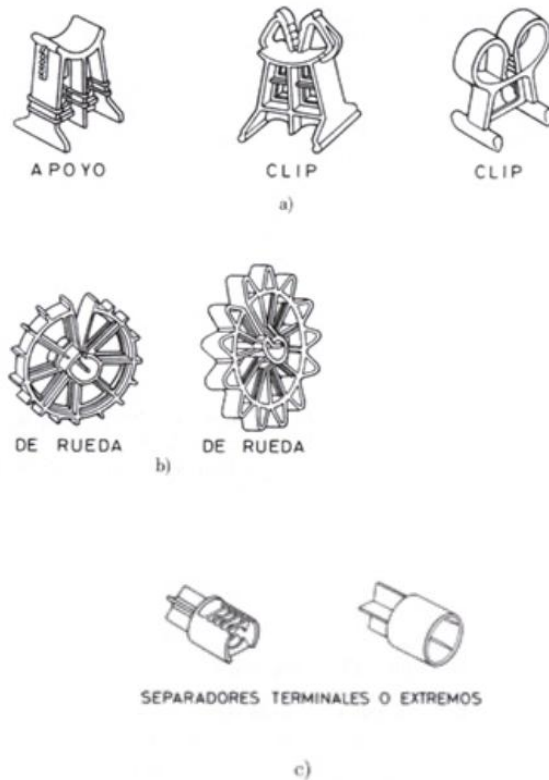
Separadores de mortero: constituidos por una pastilla de mortero que en general tiene un sistema de fijación mediante alambre. Existen separadores de gran calidad de este tipo, fabricados con hormigón de alta resistencia y un clip de plástico para sujetar la barra de acero.



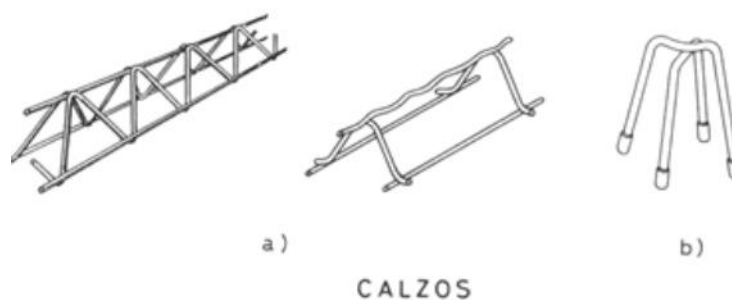
Fig. 2.a.

Separadores de plástico: Los tipos mas frecuentes son los que corresponden a separadores generalmente utilizados para armaduras inferiores de vigas y losas. Se recogen separadores de plástico de tipo rueda, especialmente indicados para elementos lineales, en particular pilares y pilotes.

3.-) **Separadores terminales:** se fabrican casi exclusivamente en plástico.



4.-) Calzo: pieza destinada a garantizar la distancia nominal entre la armadura superior de una losa y la cara superior de la misma, o entre dos emparrillados situados en caras opuestas de muros o losas. Suelen fabricarse con alambre galvanizado de acero inoxidable. Es importante disponer tapones de plástico o al menos trozos de tubo de plástico que impidan el contacto de las patas con el encofrado, para evitar posteriores manchas de óxido en la superficie de la pieza, ya que este tipo no suele galvanizarse.



5.-) Pie de pato o caballetes: pieza fabricada a partir de barras. Reemplaza a los calzos en elementos de grandes dimensiones. Se utilizan para soportar armaduras horizontales de cara superior, especialmente en losas de gran canto, para los cuales no se fabrican calzos en la serie estándar. Se realizan a partir de barras de armadura y deben tenerse cuidado de que no apoyen directamente en el encofrado, en caso de que exista encofrado inferior de la pieza, ni en el hormigón de limpieza en otro caso. Por supuesto pueden apoyarse directamente en la armadura inferior si existe. Para tal situación deben emplearse separadores puntuales para el apoyo de pie de pato, si es que este no se apoya en la armadura inferior.

