

TEMA 1

ACEROS Y PERFILES ESTRUCTURALES

1. NORMATIVA ESTRUCTURAL

2. INTRODUCCIÓN AL TEMA

3. ACEROS ESTRUCTURALES

4. PERFILES ESTRUCTURALES

1. NORMATIVA ESTRUCTURAL

• CE (Código Estructural, 2021):

Tres alternativas de aplicación:

- Aplicar el CE (obligatorio en el sector público para materiales, durabilidad, ejecución, control de calidad y mantenimiento), o
- aplicar los Eurocódigos Estructurales, o
- adoptar soluciones alternativas, bajo responsabilidad y justificando prestaciones iguales o superiores a las del CE

Índice del CE (extracto relativo a estructuras de acero):

Volumen I. RD y articulado

Título 1. Bases generales

Título 3. Estructuras de acero

Volumen II. Anejos 1-18

- Anejo 18. Bases de cálculo



Volumen IV. Dimensionamiento y comprobación de estructuras acero

- Anejo 22. Reglas generales y reglas para edificación (~ EC-3)
- Anejo 23. Estructuras sometidas al fuego
- Anejo 24. Reglas adicionales para los aceros inoxidab.
- Anejo 25. Placas cargadas en su plano (vigas armadas)
- Anejo 26. Uniones
- Anejo 27. Fatiga
- Anejo 28. Tenacidad de fractura
- Anejo 29. Puentes de acero



• CTE (Código Técnico de la Edificación, 2006):

DB SE “Seguridad estructural”

DB SE-AE “Acciones en la edificación”

DB SE-A “Acero”



Nota: El R.D. del CE deroga las disposiciones de menor o igual rango que se opongan a él → CTE es un R.D., lo que se oponga queda derogado

2. INTRODUCCIÓN AL TEMA

- Ventajas de la estructura de acero

- **Prefabricación:** rapidez de ejecución, reducción de costes, exactitud dimensional y control de calidad
- **Ligereza:** la capacidad resistente del acero permite grandes luces
- **Adaptabilidad:** cualquier solución estructural (entramados rígidos/articulados)
- **Secciones reducidas:** se aprovecha el espacio y facilita ocultar la estructura
- **Desmontable** con facilidad, manteniendo un cierto valor residual

- Elementos estructurales básicos

- **Vigas:** trabajan a flexión y transmiten las cargas de los forjados a los pilares
- **Pilares:** trabajan fundamentalmente a compresión y transmiten las cargas a la cimentación; la flexión es generalmente pequeña (excepto en los sistemas de nudos rígidos) o casi nula (caso de nudos articulados)
- **Tirantes:** trabajan a tracción
- **Uniones:** materializan los puntos de unión entre elementos individuales; pueden ser atornilladas o soldadas; constituyen la parte más crítica de los problemas de diseño

3. ACEROS ESTRUCTURALES

• TIPOS Y GRADOS

Tabla 83.1.a. Aceros no aleados laminados en caliente

Grado \ Tipo	S 235	S 275	S 355	S 450
JR	S 235 JR	S 275 JR	S 355 JR	-
J0	S 235 J0	S 275 J0	S 355 J0	S 450 J0
J2	S 235 J2	S 275 J2	S 355 J2	-
K2	-	-	S 355 K2	-

Fuente: CE, Cap. 18, 2021



• LÍMITE ELÁSTICO f_y Y TENSIÓN DE ROTURA f_u

Tabla A22.3.1 Valores nominales del límite elástico y de la tensión de rotura para acero estructural laminado en caliente y perfiles tubulares.

Norma y tipo de acero	Espesor nominal t (mm)			
	$t \leq 40$		$40 < t \leq 80$	
	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)
UNE-EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	490	335	470
S 450	440	550	410	550

Fuente: CE, Anejo 22, 2021

• UTILIZACIÓN

Resistencia

S 235, S 450 \Rightarrow Escasa utilización, apenas se fabrica

S 275 \Rightarrow Uso general

S 355 \Rightarrow Para resistir elevados niveles tensionales

Grado de resiliencia

La *resiliencia* es la energía absorbida en el ensayo de flexión por choque sobre probeta Charpy a una determinada temperatura. Es una medida de la *tenacidad* (resistencia del material a la rotura frágil).

JR \Rightarrow Construcción ordinaria (perfiles y chapas)

J0 \Rightarrow Alta soldabilidad

J2, K2 \Rightarrow Insensibilidad a la rotura frágil (alta resiliencia y soldabilidad)

En la práctica:

- S 235 JR ⇒ Correas de cubierta y fijaciones auxiliares
- S 275 JR ⇒ Perfil laminado de uso general
- S 355 J2 ⇒ Chapa soldada en puentes, vigas cajón, tramos inferiores de soportes, tirantes de sección maciza, tubos estructurales de más de 8 mm de espesor

Tabla A28.2.1 Máximos valores admisibles del espesor del elemento t en mm

Tipo de acero	Subtipo	KV		Temperatura de referencia T_{Ed} [°C]																							
		a T [°C]	J_{min}	$\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$								$\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$								$\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$							
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50			
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60			
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75			
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100			
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55			
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70			
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95			
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110			
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145			
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	15	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45			
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60			
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80			
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95			

Fuente: CE, Anejo 28, 2021

- Ejemplos: 1) S 275 JR, $T^a \geq -10$ °C ⇒ $t_{m\acute{a}x} = 35$ mm
- 2) S 355 J2, $T^a \geq -10$ °C ⇒ $t_{m\acute{a}x} = 60$ mm

Caso especial

Aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica (también llamados patinables, corten o auto-protectores)

Tabla 83.2.3.a Aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica

Tipo Grado	S 235	S 355
J0	S 235 J0 W	S 355 J0 W
J2	S 235 J2 W	S 355 J2 W
K2		S 355 K2 W

Fuente: CE, Cap. 18, 2021



Fuente: Tomás A, 2021




4. PERFILES ESTRUCTURALES





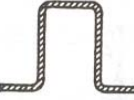
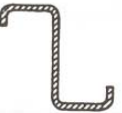
• PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE

- Uso en estructura metálica pesada
- Cantos vivos
- Espesores entre 3 y 40 mm
- Longitudes entre 10 y 16 m

• PRODUCTOS CONFORMADOS EN FRÍO

- Uso en estructura metálica ligera, en correas y como material de cerramiento
- Cantos redondeados
- Espesores < 8 mm

<u>Perfiles Huecos</u>	<u>Notación</u>	a) Circular	b) Cuadrado	c) Rectangular
Circulares	Ø 100.4			
Cuadrados	# 80.3			
Rectangulares	# 160.120.3			

<u>Perfiles Conformados</u>	<u>Notación</u>	a) L (ángulo)	b) LD (ángulo desigual)	c) U (u)	d) C	e) Ω (omega)	f) Z (zeta)
L	LF 50.2						
LD	LF 60.30.3						
U	UF 100.3						
C	CF 120.2,5						
Omega	OF 40.2						
Z	ZF 180.2						

Placa ondulada



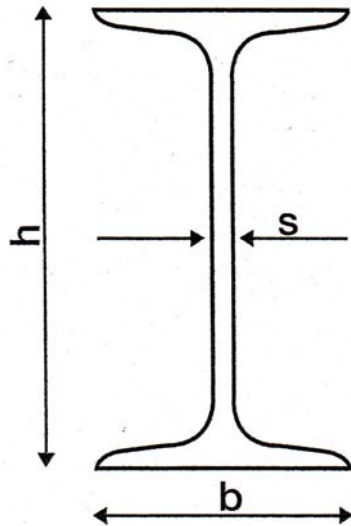
Placa grecada



Fuente: Argüelles R et al, 2005

Perfil I Normal (IPN)

Se denomina sección en I con alas inclinadas, perfil I normal o doble T normal (IPN) al producto cuya sección tiene forma de I, denominada doble T.



Las caras exteriores de las alas son perpendiculares al alma y las interiores presentan una inclinación del 14% respecto a aquellas (I de caras inclinadas), por lo que las alas tienen espesor decreciente hacia los bordes.

Las uniones entre las caras del alma y las caras interiores de las alas son redondeadas. Estas tienen el borde con arista exterior viva e interior redondeada.

Estos perfiles se designan por las letras IPN seguidas de un número que indique la altura nominal del perfil (h), expresada en milímetros.

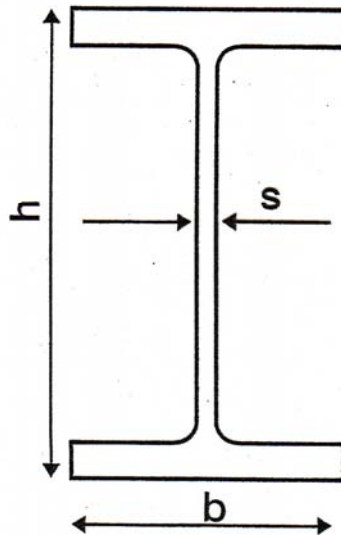
* SERIE DEL 80 AL 600

* USO: PIEZAS FLECTADAS EN UN PLANO

Fuente: Calidad Siderúrgica, 2001

Perfil IPE

Se denomina perfil IPE o doble T de caras paralelas al producto cuya sección tiene forma de I, denominada doble T.



Las caras exteriores e interiores de las alas son perpendiculares al alma, por lo que estas tienen espesor constante (caras paralelas).

Las uniones entre las caras del alma y las caras interiores de las alas son redondeadas y las aristas de las alas son vivas.

Estos perfiles se designan por las letras IPE seguidas de un número que indique la altura del perfil (h), expresada en milímetros.

* SERIE DEL 80 AL 600

* USO: PIEZAS FLECTADAS EN UN PLANO

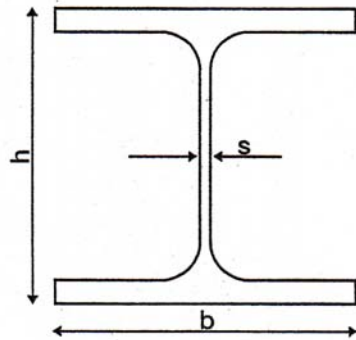
* MAYOR EFICIENCIA MECÁNICA QUE IPN

Fuente: Calidad Siderúrgica, 2001

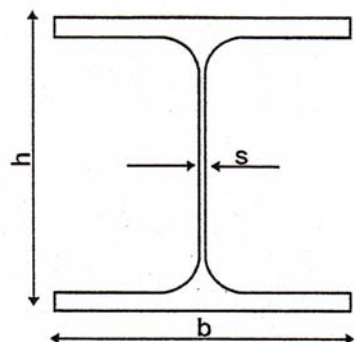
Perfil HE

Se denomina perfil HE (o perfil de alas anchas y caras paralelas) al producto cuya sección tiene forma de H.

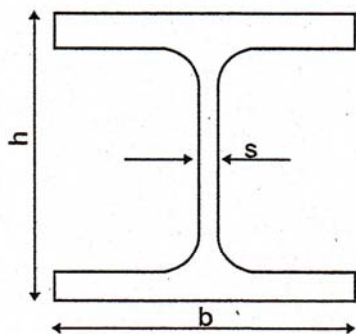
SERIE DEL 100 AL 600



Perfil HEB



Perfil HEA



Perfil HEM

Las caras exteriores e interiores de las alas son perpendiculares al alma, por lo que tienen espesor constante (caras paralelas).

Las uniones entre las alas y el alma son redondeadas y las aristas de las alas son vivas.

Para los perfiles de altura nominal del perfil HEB igual o inferior a 300 mm, la anchura de las alas (b) es igual a la altura (h). Para los perfiles de $h > 300$ mm, la anchura de las alas es igual a 300 mm.

Existen tres series de perfiles HE:

- Perfil HEB, perfil base.
- Perfil HEA, más ligero que el HEB.
- Perfil HEM, más pesado que el HEB.

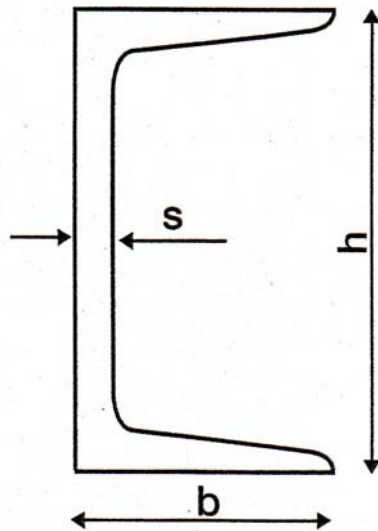
Estos perfiles se designarán por las letras HEB, HEA o HEM seguidas de un número que indique la altura (h) del perfil base HEB, expresada en milímetros.

USO: PIEZAS FLECTADAS EN DOS PLANOS

Perfil U Normal (UPN)

Se denomina perfil U normal (UPN) al producto cuya sección tiene forma de U.

SERIE DEL 80 AL 300



Las caras exteriores de las alas son perpendiculares al alma y las interiores presentan una inclinación del 8% respecto a aquellas (U de caras inclinadas), por lo que las alas tienen espesor decreciente hacia los bordes.

Las uniones entre la cara interior del alma y las caras interiores de las alas son redondeadas. Estas tienen el borde con la arista exterior viva e interior redondeada.

La anchura de las alas está relacionada con la altura nominal mediante la fórmula siguiente:

$$b = \frac{h}{4} + 25 \text{ mm}$$

Estos perfiles se designan por las letras UPN seguidas por un número que indica la altura nominal del perfil (h), expresada en milímetros.

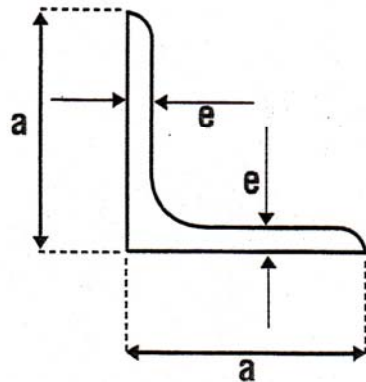
* USO: PIEZAS DE RELLENO EN CELOSÍAS
EN PILARES, UNIDOS ENTRE SI CON PRESILLAS O
SOLDADOS



Fuente: Calidad Siderúrgica, 2001

Angular de lados iguales (L) $L 40 \times 4 \rightarrow L 200 \times 24$

Se denomina angular de lados iguales al producto cuya sección es un ángulo recto, con alas o lados de igual longitud.



Las caras de las alas son paralelas y la unión de sus caras interiores está redondeada.

Las alas tienen el borde exterior con aristas vivas y el interior redondeado.

Estos productos se designan por la letra L seguida del número que expresa la longitud de las alas (a) y del espesor (e) de las mismas, expresadas en milímetros.

De acuerdo con el Reglamento Particular de Certificación correspondiente, los angulares de lados iguales se clasifican según se indica en la siguiente tabla:

SERIE	
FINA	GRUESA
$e \leq 8\text{mm}$	$8 < e \leq 40\text{mm}$

$LD 40 \times 25 \times 4 \rightarrow LD 200 \times 150 \times 18$

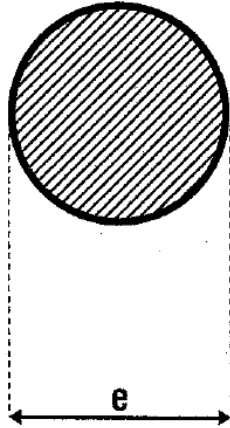
* USO: PIEZAS DE RELLENO EN CELOSÍAS



Fuente: Calidad Siderúrgica, 2001

Redondo (Rd ó Ø)

Se denomina redondo al producto suministrado en forma recta cuya sección recta transversal constante es circular.



Se denomina diámetro nominal al número convencional respecto al cual se establecen las tolerancias. En los redondos se asocia al diámetro de un cilindro de sección recta circular.

Se denomina diámetro real al obtenido como media de las medidas de dos diámetros a 90° en una misma sección.

Un redondo se designa por la palabra redondo seguida del diámetro (e). La palabra redondo puede sustituirse por sus formas simplificadas Rd ó Ø.

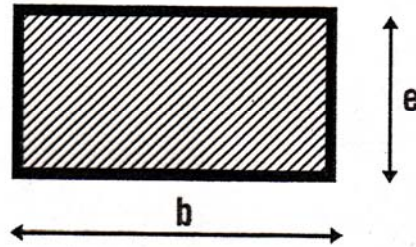
De acuerdo con el Reglamento Particular de Certificación correspondiente, los redondos se clasifican según se indica en la siguiente tabla:

SERIE			
FINA	MEDIA FINA	MEDIA GRUESA	GRUESA
$e \leq 6\text{mm}$	$6 < e \leq 16\text{mm}$	$16 < e \leq 40\text{mm}$	$40 < e \leq 63\text{mm}$

Fuente: Calidad Siderúrgica, 2001

Rectangular

Se denomina rectangular al producto suministrado en forma recta, cuya sección recta transversal constante es rectangular.



Una barra rectangular se designa por la palabra rectangular seguida de las dimensiones (b) y (e) expresadas en milímetros.

De acuerdo con el Reglamento Particular de Certificación correspondiente, los rectangulares se clasifican según se indica en la siguiente tabla:

SERIE			
FINA	MEDIA FINA	MEDIA GRUESA	GRUESA
$e \leq 6\text{mm}$	$6 < e \leq 16\text{mm}$	$16 < e \leq 40\text{mm}$	$40 < e \leq 63\text{mm}$

CHAPAS

Fuente: Calidad Siderúrgica, 2001

Espesores:

(4), 5, 6, 7, 8, (9)



10, (11), 12, (14), 15, 18, 20, (22), 25, 30, 35

40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100

Notas:

- 1) Entre paréntesis: espesores existentes, pero poco empleados para casos habituales
- 2) Pueden laminarse otros espesores bajo pedidos especiales