

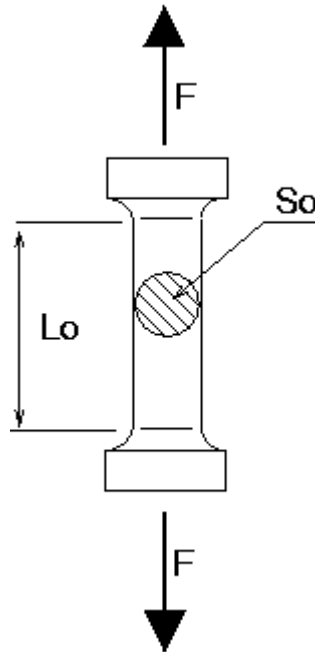
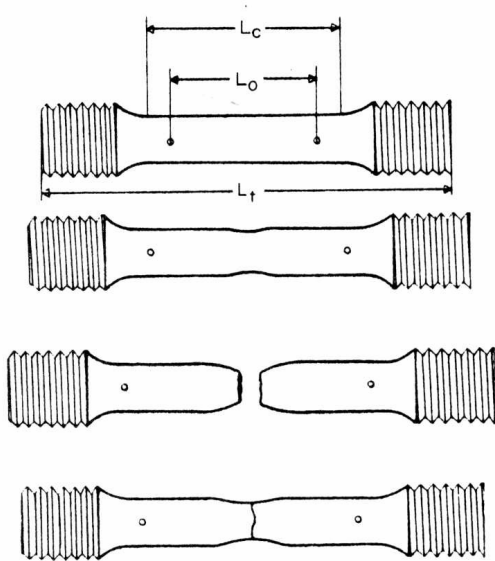
## PROPIEDADES Y ENSAYOS

Las propiedades de todos los materiales estructurales se evalúan por ensayos, cuyos resultados sólo dan un índice del comportamiento del material que se debe interpretar mediante criterios de rotura, puesto que ni la forma y dimensiones de la probeta ni las condiciones de trabajo y el estado tensional, son las mismas en una situación real y en la simulada por el ensayo.

Según la información que se obtiene de ellos los clasificaremos en *cuantitativos* y *no cuantitativos*; los primeros proporcionan un valor numérico (dimensional o no) que caracteriza alguna propiedad del material y los segundos simplemente indican si su comportamiento es satisfactorio o no a una prueba. Los resultados deben ser comparables, por lo que han de corresponder a pruebas realizadas siempre en las mismas condiciones; para ello distintas normas UNE establecen las condiciones en las que se deben realizar dichos ensayos.

# ENSAYO DE TRACCIÓN

Se realiza según UNE EN 10002. Permite determinar el límite elástico, la resistencia a tracción y el alargamiento en rotura. La probeta, que deberá ser de sección circular, cuadrada o rectangular, tendrá marcados dos puntos de referencia, cuya distancia  $L_0$  se medirá con precisión.



- $L_0$  = Longitud inicial
- $S_0$  = Sección inicial
- $D_0$  = Diámetro inicial

Probetas normalizadas:

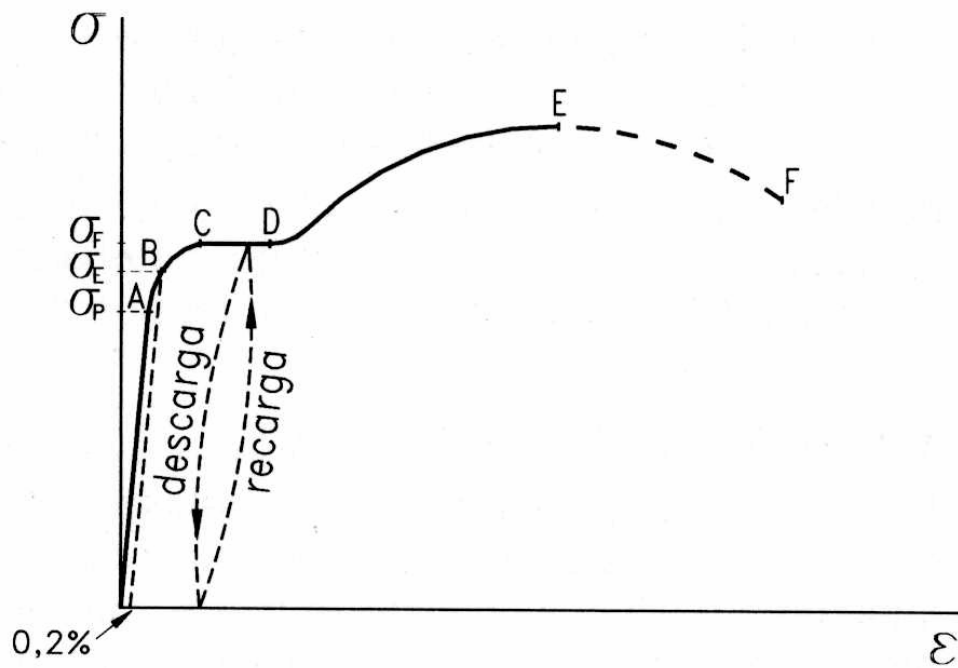
$$L_0 = 5,65 \times \sqrt{S_0}$$

con ( $D_0=20\text{mm}$ ,  $L_0=100\text{mm}$ ) ó ( $D_0=10\text{mm}$ ,  $L_0=50\text{mm}$ )

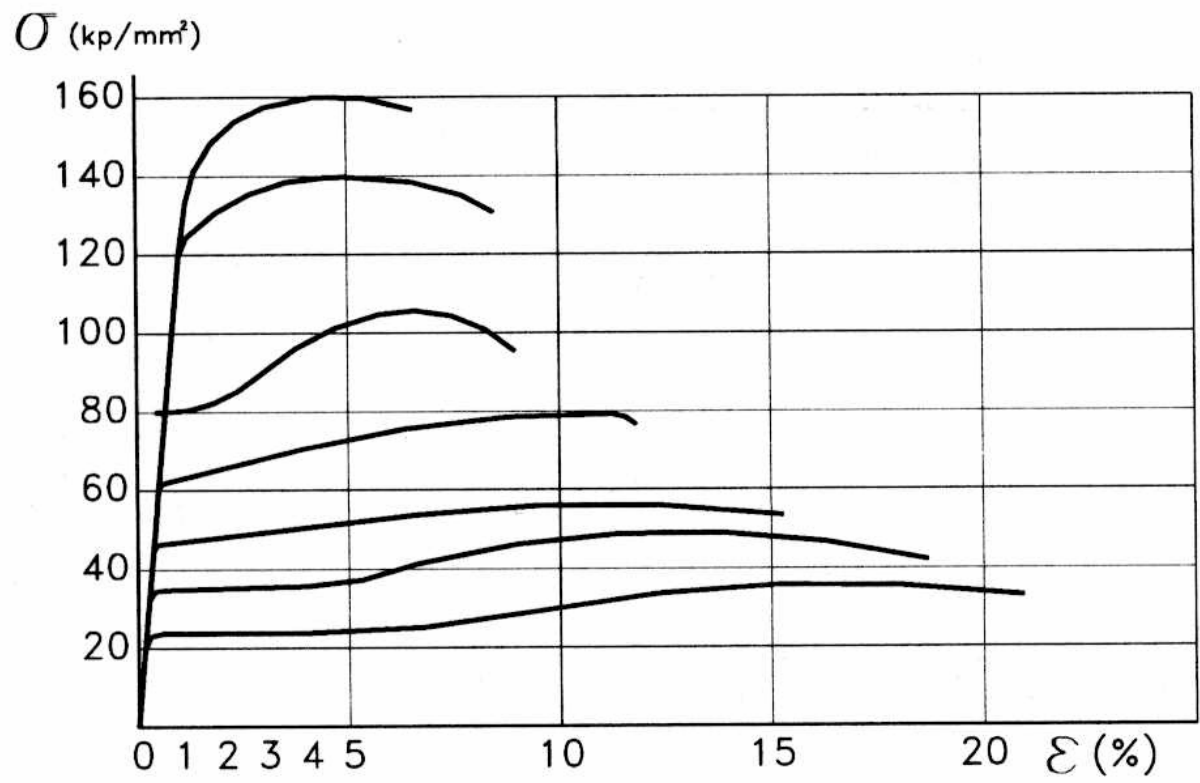
Una vez sujeta la probeta entre las mordazas de la máquina de ensayos, se la somete a esfuerzos crecientes de tracción. La distancia entre los puntos de referencia irá aumentando.

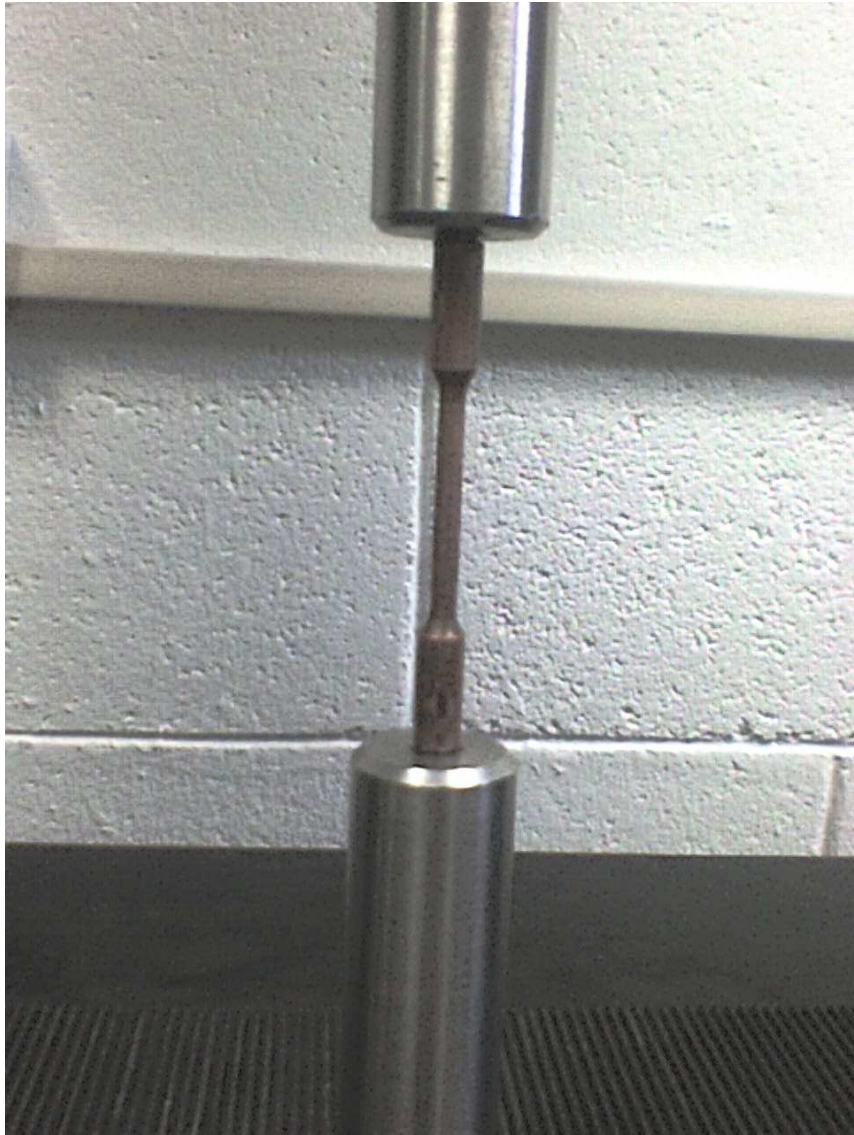
En un gráfico se representa la curva que relaciona:

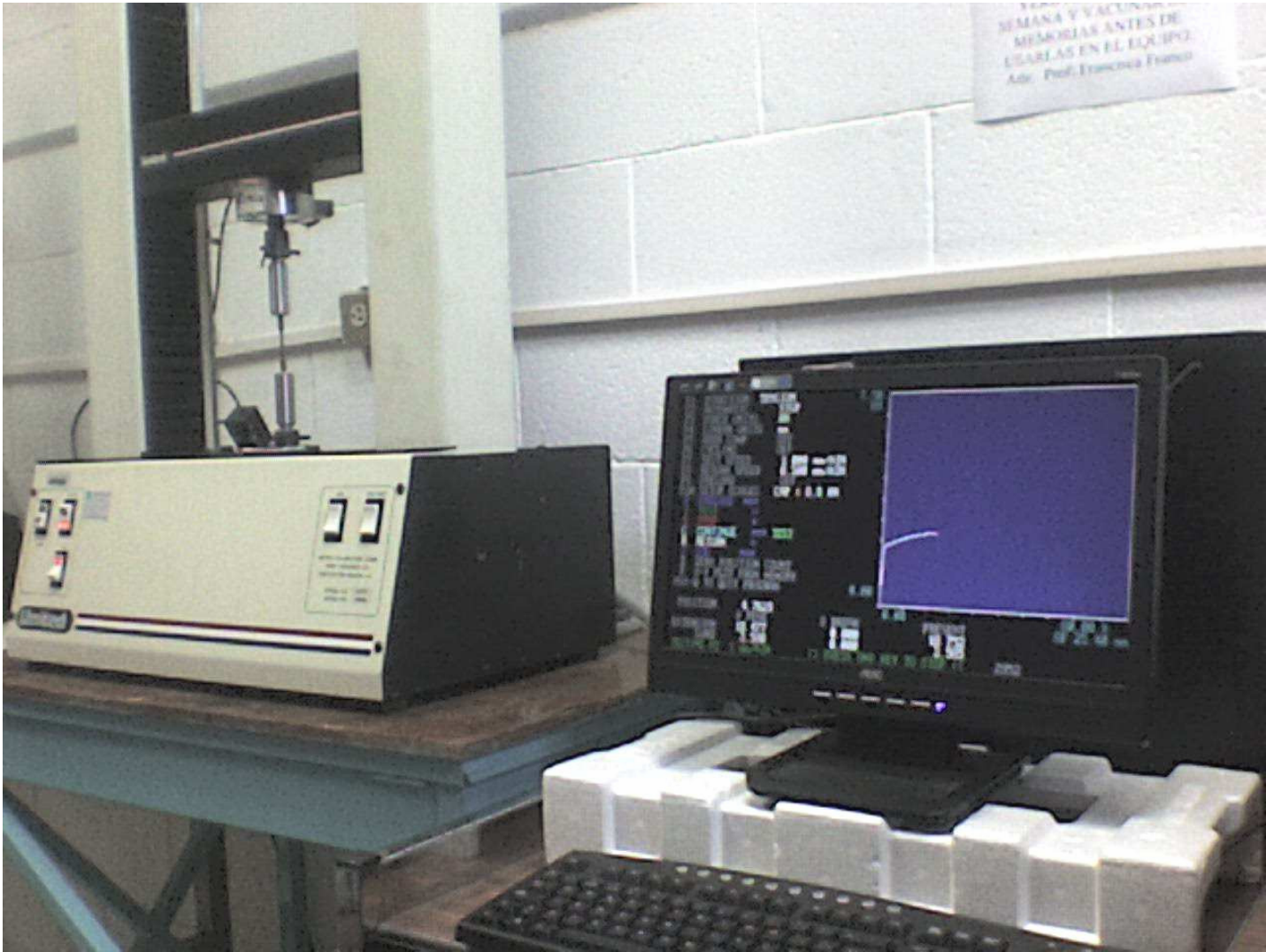
- las tensiones  $\sigma = F / S_0$  cociente entre la carga aplicada en cada instante  $F$  y la sección transversal inicial  $S_0$
- las deformaciones  $\varepsilon = (L-L_0) / L_0$  cociente entre los alargamientos en el instante en el que se calcula  $\varepsilon$  y la longitud inicial  $L_0$



- Punto **A**, límite de proporcionalidad  $\sigma_p$
- Punto **B**, límite de elasticidad  $\sigma_E$
- Punto **C**, límite de fluencia  $\sigma_F$
- Punto **D**, escalón de cadencia
- Punto **E**, límite de rotura  $\sigma_R$
- Punto **F**





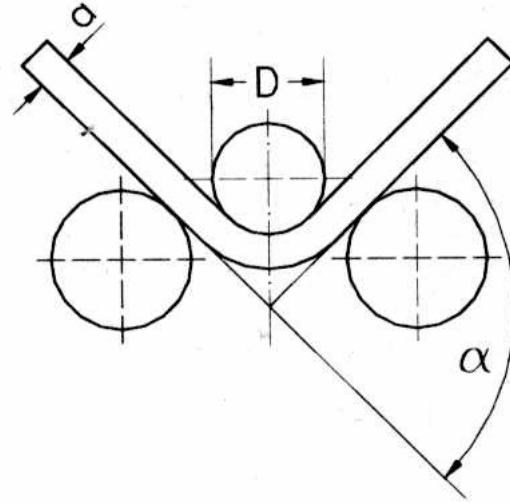
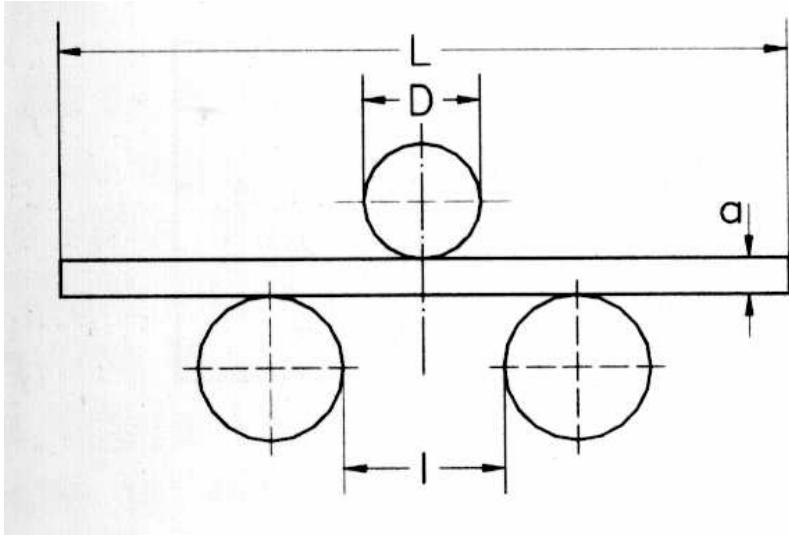


## **ENSAYO DE DOBLADO**

Se realiza según UNE EN ISO 7438. Permite determinar la aptitud a la deformación plástica por doblado del acero.

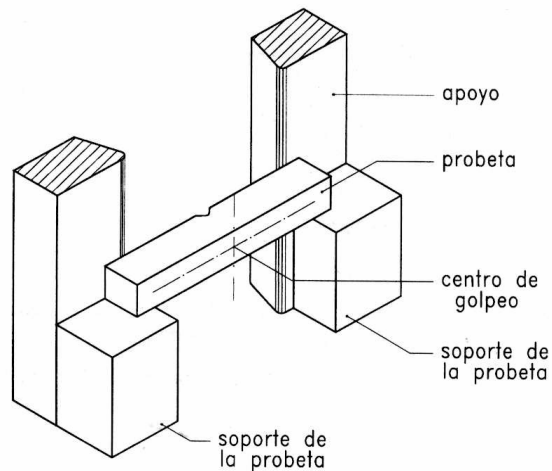
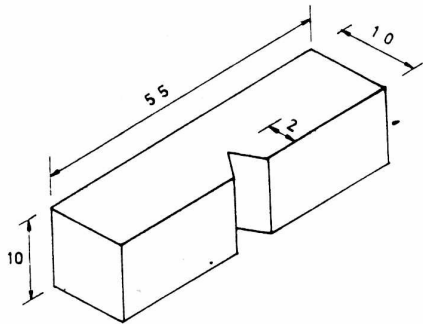
Apoyando la probeta en dos cilindros giratorios a distancia regulable se provoca su desplazamiento vertical hacia un mandril. Los apoyos y el mandril deben tener mayor anchura que la probeta y sus radios están determinados por la especificación del producto. La separación entre apoyos será  $D+3\cdot a$ .

La presión se ejerce en el punto medio de la probeta de forma continua hasta que las dos ramas alcancen el ángulo deseado. Después se examina la cara exterior, que debe ser de laminación, considerando aceptable el ensayo si en ella no aparecen grietas.

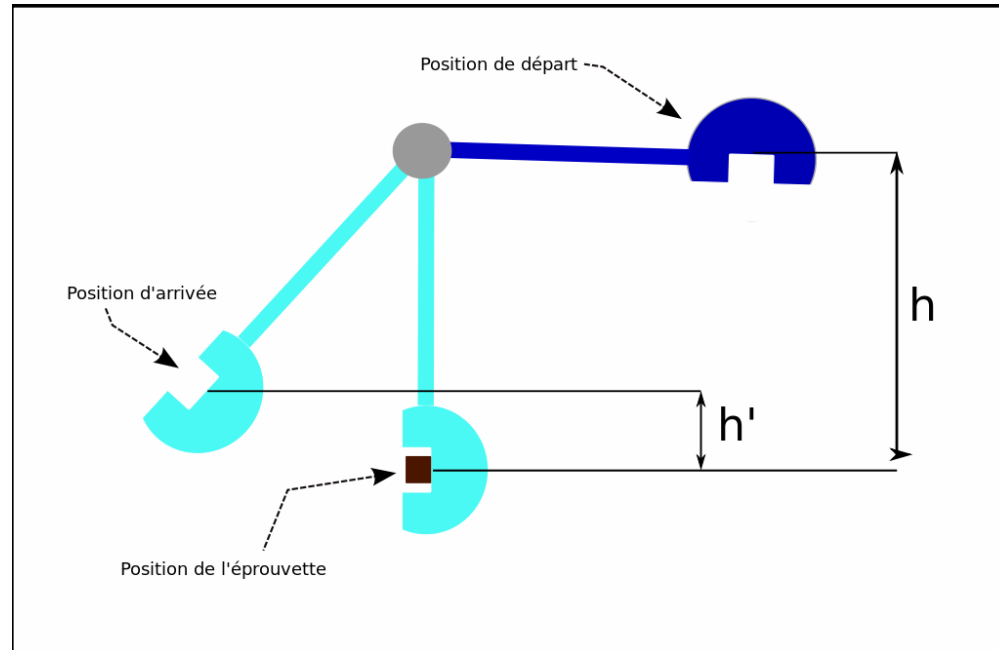


# ENSAYO DE RESILIENCIA

Se realiza según UNE 7475-1. Permite determinar la tenacidad o sensibilidad del acero a la rotura frágil.

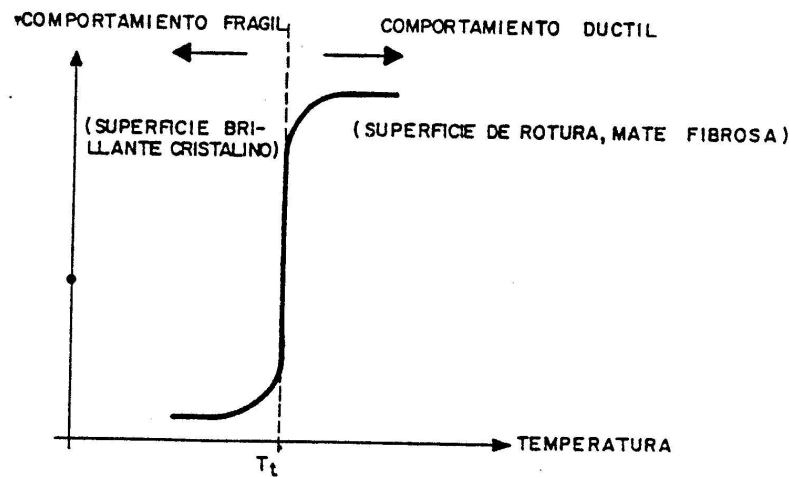


Consiste en romper una probeta paralelepípedica de 10x10x55 mm, mecanizada con una entalla en el centro. La probeta se coloca en el aparato de ensayo (péndulo de Charpy). Se golpea con una masa sujeta a un péndulo en la cara opuesta a la entalla, de forma que la probeta rompa con un solo golpe y se mide la energía consumida al romper la probeta. Esta energía, dividida por la sección útil de la probeta, es la **resiliencia** de material y se expresa en  $J/cm^2$ .

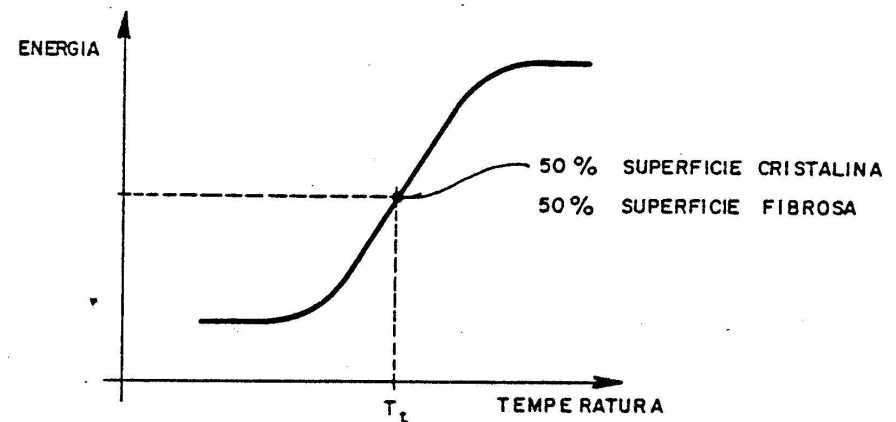


Por encima de ella el material se comporta de manera dúctil y se observa que la superficie de rotura de la probeta es mate fibrosa. Por debajo de  $T_t$  el comportamiento es frágil y el aspecto de la rotura es brillante cristalino.

En los aceros con contenido de carbono elevado no aparece en el gráfico una clara temperatura de transición. En este caso se define como aquella para la que el aspecto de la superficie rota es del 50% cristalina y del 50% fibrosa.



Bajo contenido en carbono

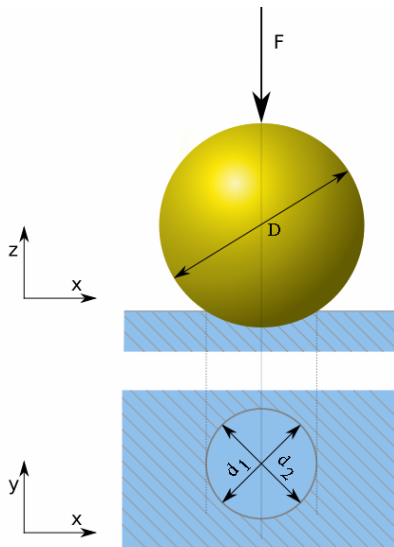


Alto contenido en carbono

# ENSAYO DE DUREZA BRINELL

Se realiza según UNE EN ISO 6506. Permite realizar una estimación indirecta de la resistencia a tracción del material.

Consiste en hacer una huella con un penetrador de diámetro **D** (bola de acero templado o metal duro) en la superficie de una probeta medir su diámetro **d** después de retirar la carga **F**.



La dureza Brinell se define como el cociente entre la carga de ensayo y el área de la huella considerada como un casquete esférico. Se define como HBS (con bola de acero templado) o HBW (con bola de widia), precedidos por el valor de la dureza y seguidos por índices que precisan las condiciones del ensayo (diámetro bola, fuerza aplicada, tiempo de ensayo).

## ENSAYO DE SOLDABILIDAD

Todos los aceros recogidos en CTE DB SE-A son soldables y únicamente se requiere la adopción de precauciones en el caso de uniones especiales (entre chapas de gran espesor, de espesores muy desiguales, en condiciones difíciles de ejecución, etc.).

Para aceros distintos a los relacionados la soldabilidad se puede evaluar mediante el parámetro CEV (carbono equivalente), de expresión:

$$C_{EV} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Este valor no debe ser superior a 0,41 para los aceros S 235 y S 275 ó 0,47 para los aceros S 355.

No obstante, se podrá soldar aunque no se cumpla este límite si se comprueba la aptitud del material:

- UNE EN ISO 15607: soldeo por fusión
- UNE EN ISO 15609: soldeo por arco

## CLASES DE ACERO

Las clases de acero recogidas en CTE DB SE-A son:

- Productos laminados en caliente de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general (UNE EN 10025)
- Perfiles huecos para construcción, acabados en caliente, de acero no aleado de grado fino (UNE-EN 10210-1:1994)
- Secciones huecas de acero estructural conformados en frío (UNE-EN 10219-1:1998)

Para los productos laminados en caliente las calidades quedan establecidas por dos aspectos:

- **Tipo:** hace referencia a las características mecánicas. Se designa con el símbolo **S** (steel) y un número que indica el valor mínimo garantizado del límite elástico para los productos de menor espesor, en  $\text{N/mm}^2$ .

- **Grado:** hace referencia a su soldabilidad y sensibilidad a la rotura frágil. Los grados se denominan **JR, J0, J2 y K2**.

Tabla 4.1 Características mecánicas mínimas de los aceros UNE EN 10025

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy °C
	Tensión de límite elástico $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )			Tensión de rotura $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
<b>S235JR</b>					20
<b>S235J0</b>	235	225	215	360	0
<b>S235J2</b>					-20
<b>S275JR</b>					20
<b>S275J0</b>	275	265	255	410	0
<b>S275J2</b>					-20
<b>S355JR</b>					20
<b>S355J0</b>	355	345	335	470	0
<b>S355J2</b>					-20
<b>S355K2</b>					-20 <sup>(1)</sup>
<b>S450J0</b>	450	430	410	550	0

<sup>(1)</sup> Se le exige una energía mínima de 40J.

Para garantizar el comportamiento dúctil del material, en estructuras no sometidas a cargas de impacto, los espesores de las chapas no deben ser superiores a los indicados en la siguiente tabla, en función de la temperatura mínima a que estarán sometidas.

**Tabla 4.2 Espesor máximo (mm) de chapas**

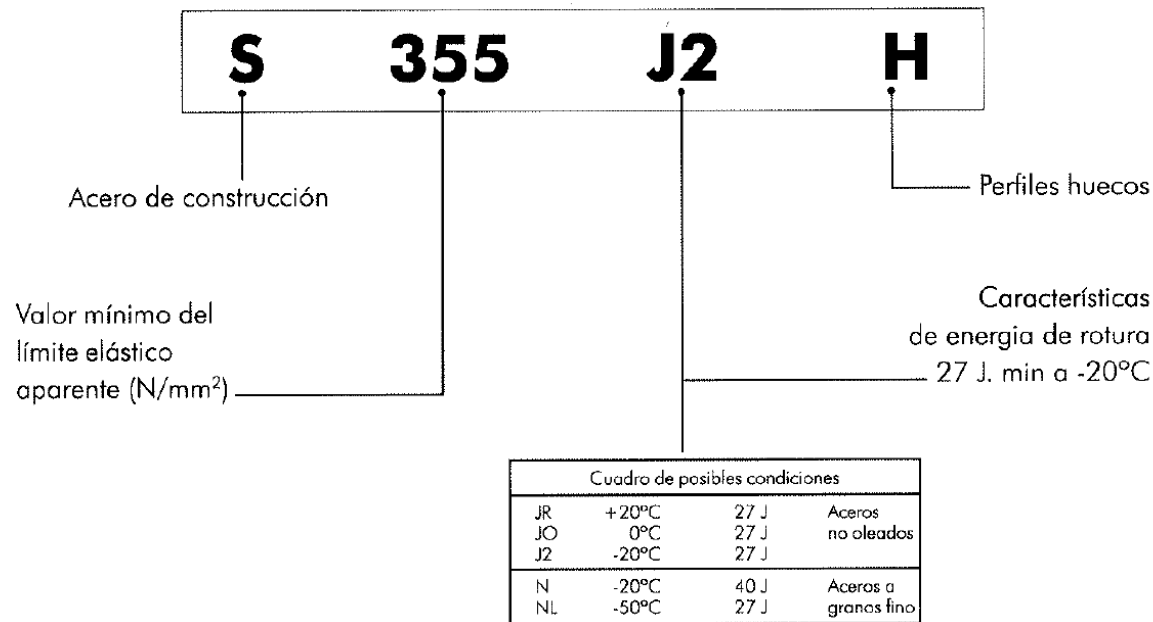
Grado	Temperatura mínima								
	0 °C			-10 °C			-20 °C		
	JR	J0	J2	JR	J0	J2	JR	J0	J2
<b>S235</b>	50	75	105	40	60	90	35	50	75
<b>S275</b>	45	65	95	35	55	75	30	45	65
<b>S355</b>	35	50	75	25	40	60	20	35	50

Las siguientes son características comunes a todos los aceros:

- Módulo de Elasticidad:  $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- Módulo de Rigidez:  $G = 81.000 \text{ N/mm}^2$
- Coeficiente de Poisson:  $\nu = 0,3$

- Coeficiente de dilatación térmica:  $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} (\text{°C})^{-1}$
- Densidad:  $\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$

Ejemplo:



## **PRODUCTOS COMERCIALES**

Debido a que el acero se obtiene a través de un proceso industrial bastante complejo, su uso en construcción se limita a los productos comerciales existentes en el mercado, y su transformación por las técnicas habituales de corte y unión.

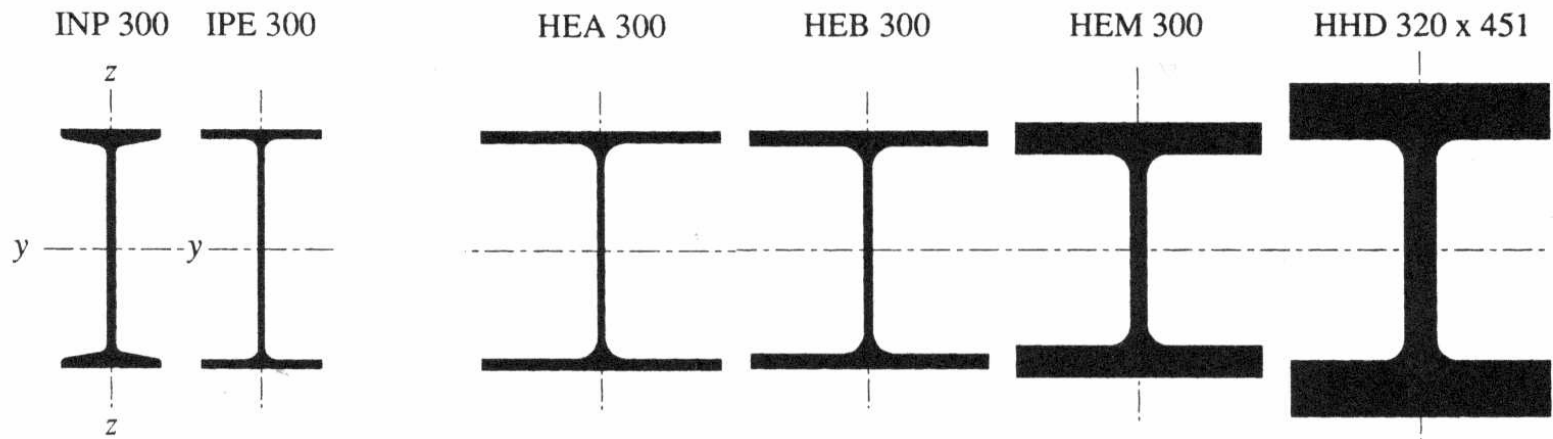
Estos productos se agrupan en series, según su forma geométrica.

Los fabricantes suministran tablas con las dimensiones nominales y las características estáticas de sus secciones.

<http://www.arcelormittal.com/sections/es/productos-y-servicios/gama-de-productos.html>

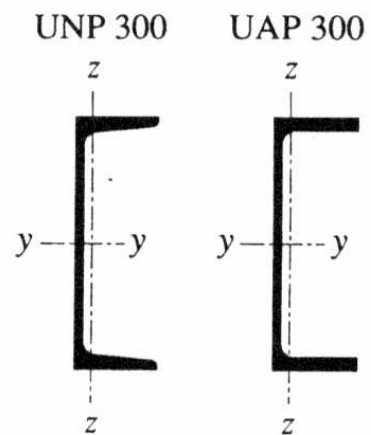
# PERFILES LAMINADOS EN CALIENTE

## PERFILES EN DOBLE T



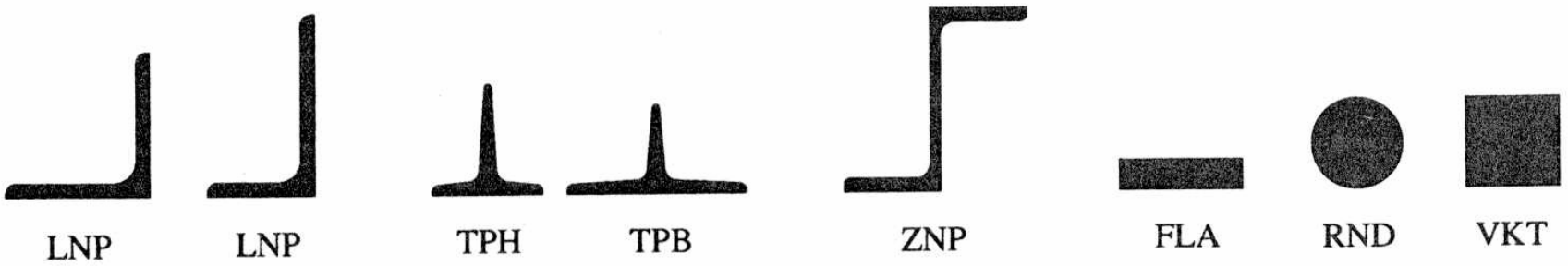
$m$ [kg/m]	54.2	42.2	88.3	117	238	451
$A$ [mm <sup>2</sup> ]	6900	5380	11 300	14 900	30 300	57 400
$I_y$ [10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup> ]	98.0	83.6	182.6	251.7	592.0	1492
$I_z$ [10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup> ]	4.51	6.04	63.1	85.6	194.0	406.1

## PERFILES EN U

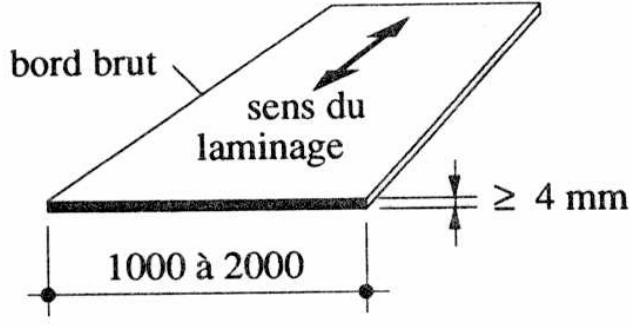
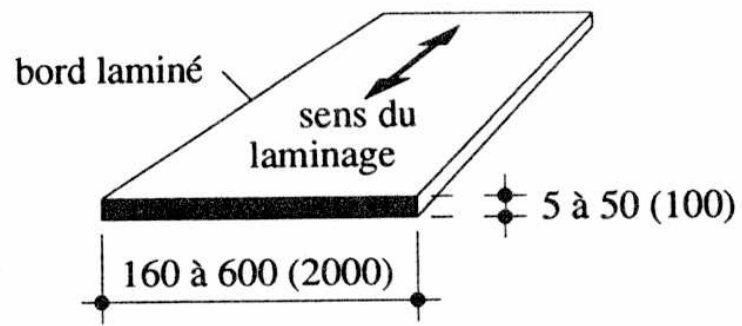


$m$ [kg/m]	46.2	42.2
$A$ [mm <sup>2</sup> ]	5880	5860
$I_y$ [10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup> ]	80.03	81.7
$I_z$ [10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup> ]	4.95	5.62

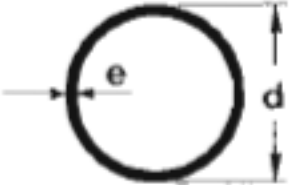
# PERFILES VARIOS



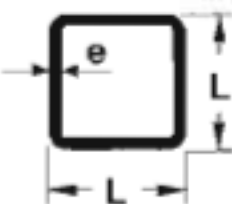
# CHAPAS



**PERFILES HUECOS EN CALIENTE**



CHS



RHS

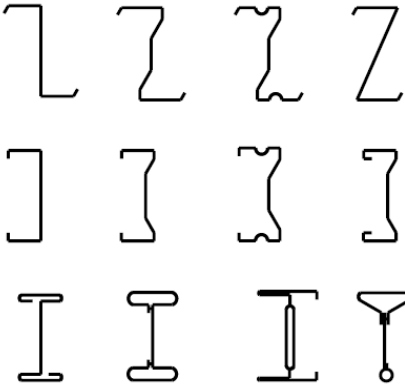


RHS

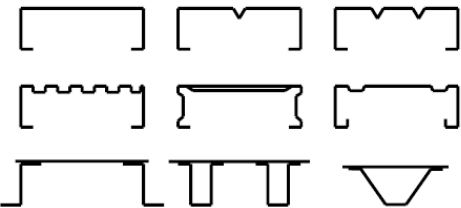
# PERFILES Y CHAPAS CORFORMADOS EN FRÍO



**Elementos básicos**



**Elementos estructurales lineales**



**Elementos de cerramiento y estructurales**

