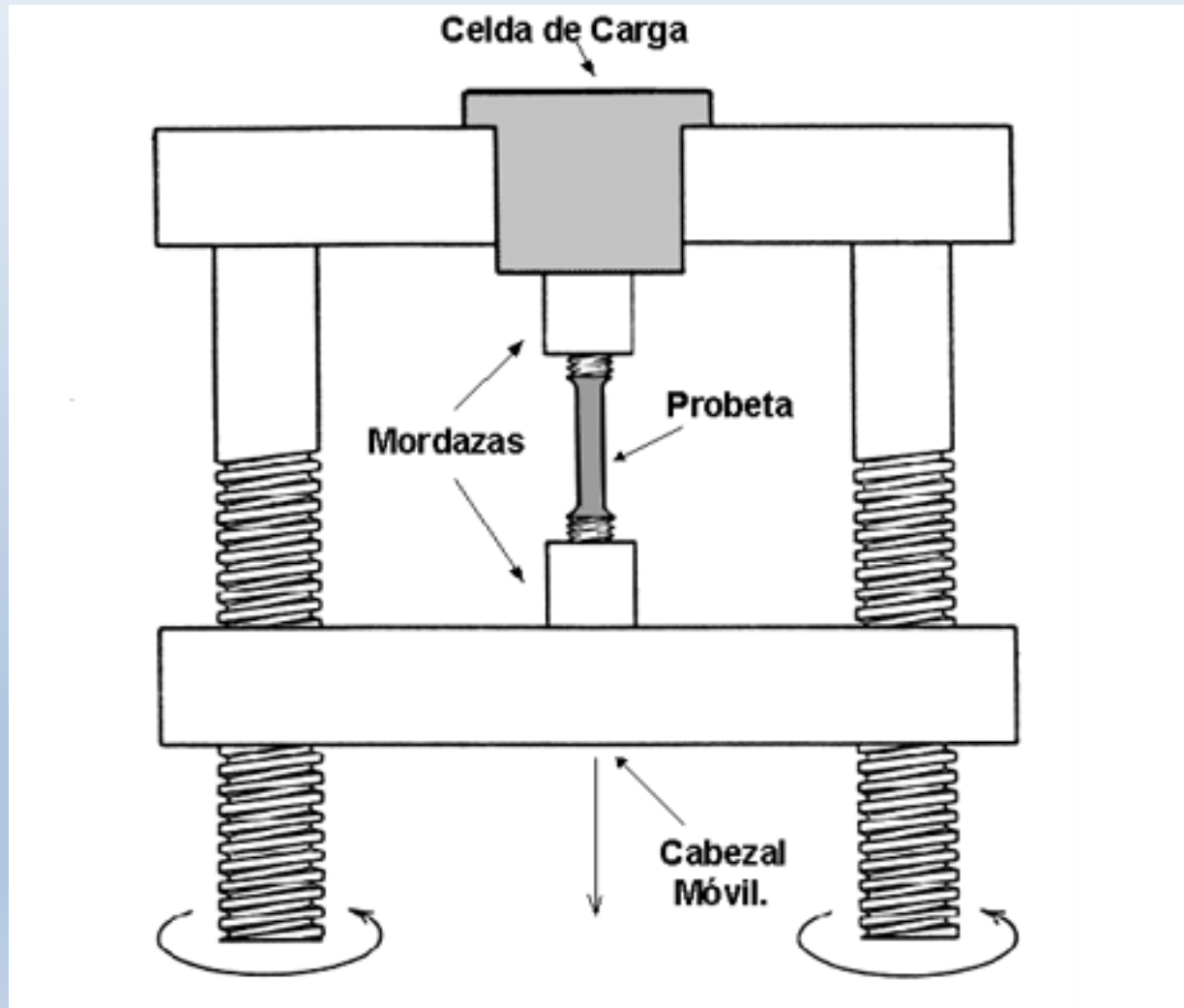
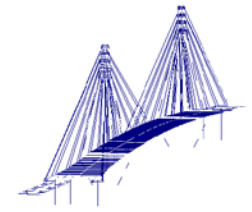


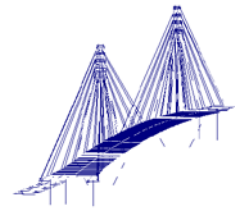
Cátedra de Construcción



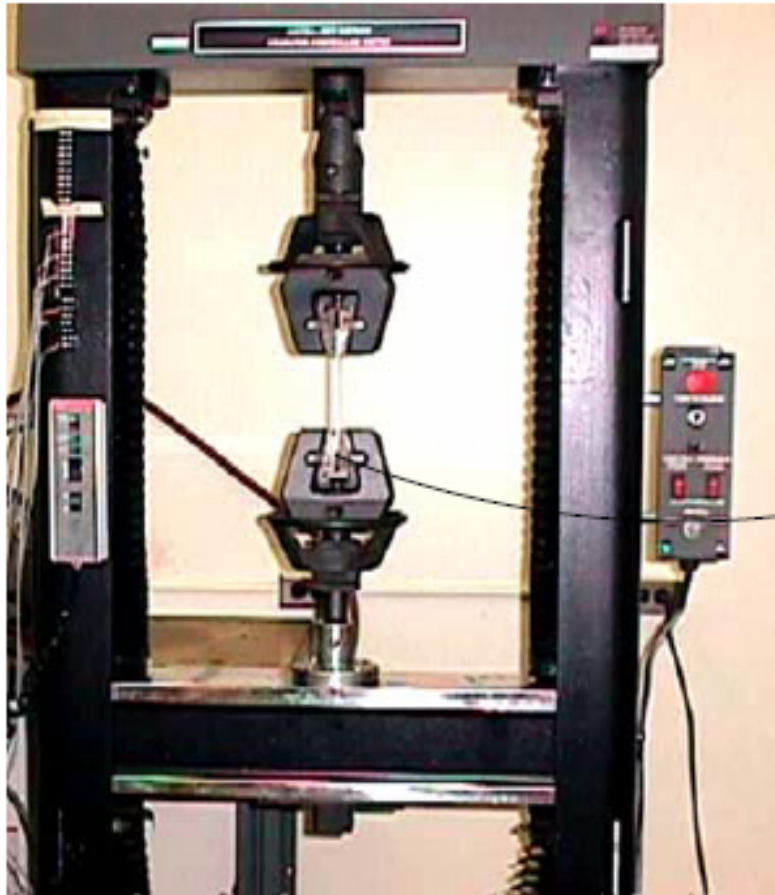
ENSAYO DE TRACCIÓN



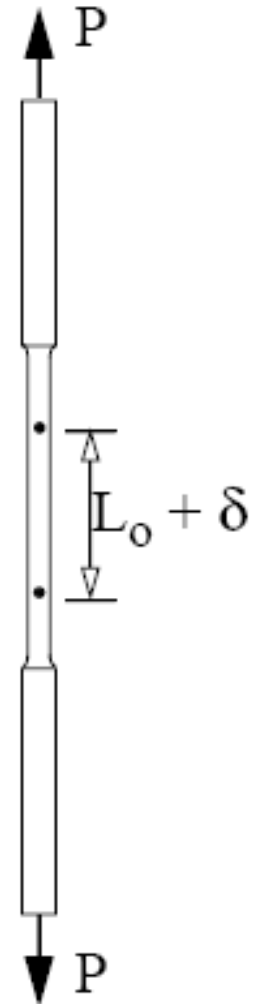
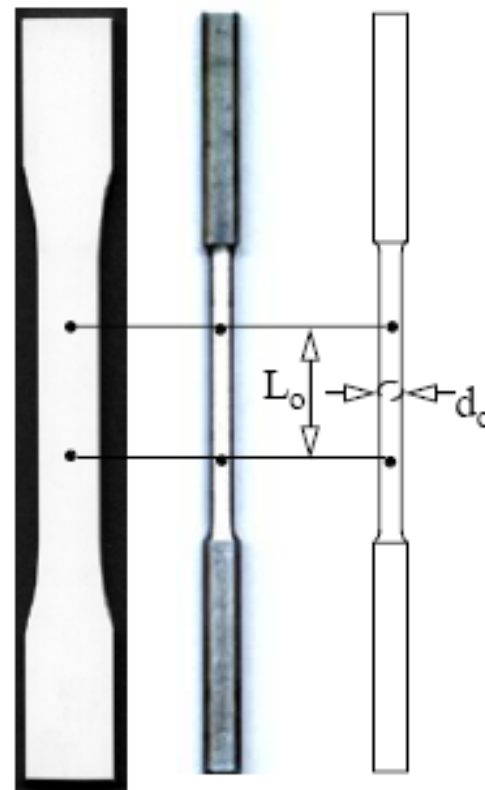
ENSAYO DE TRACCIÓN



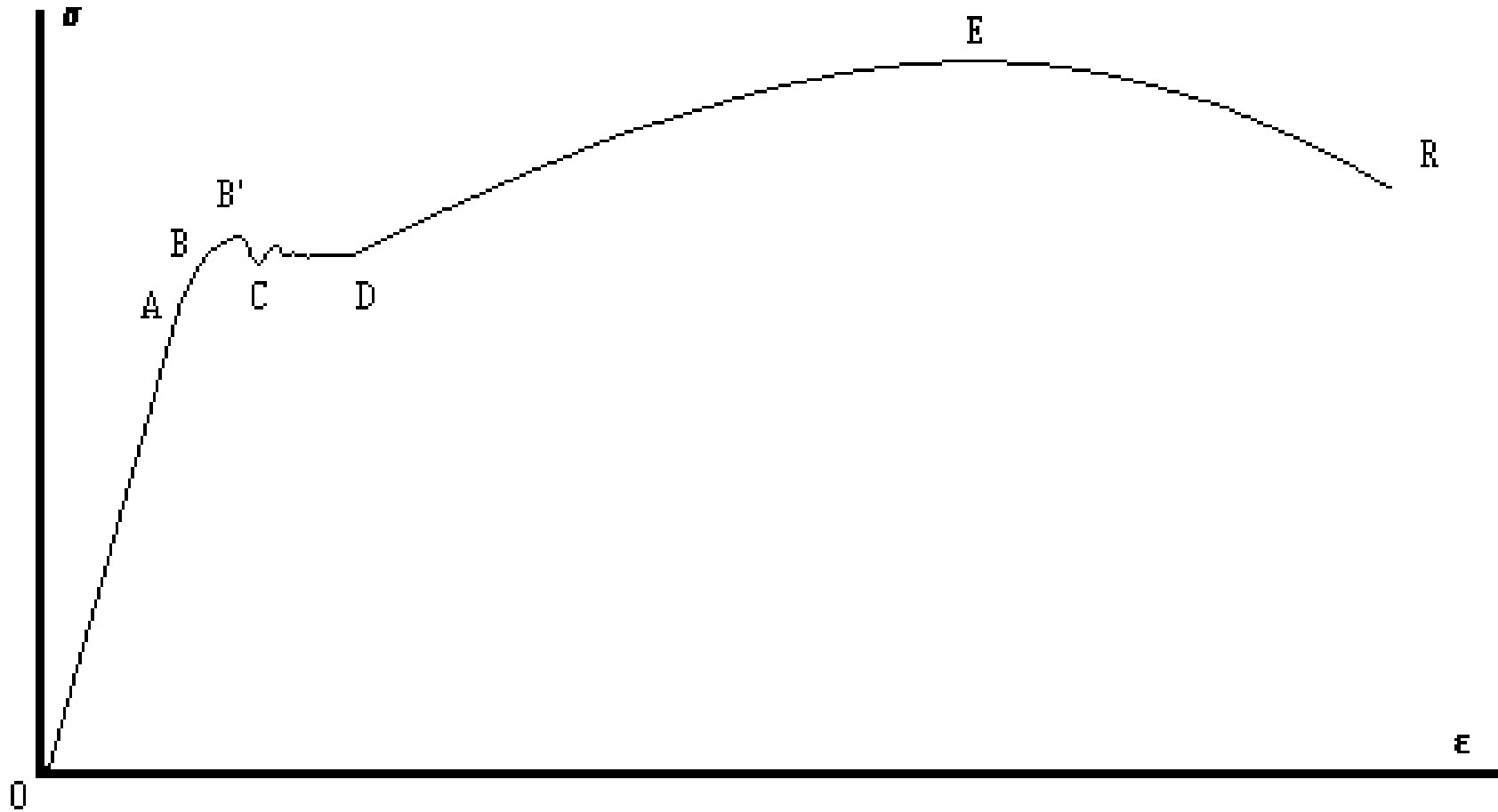
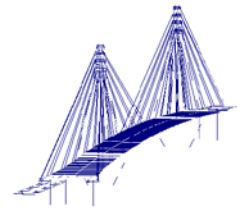
Tension Test Machine



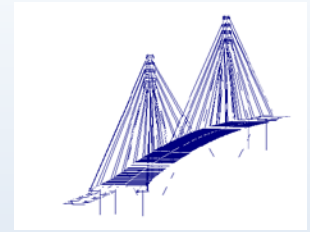
Tension-test Specimens



ENSAYO DE TRACCIÓN

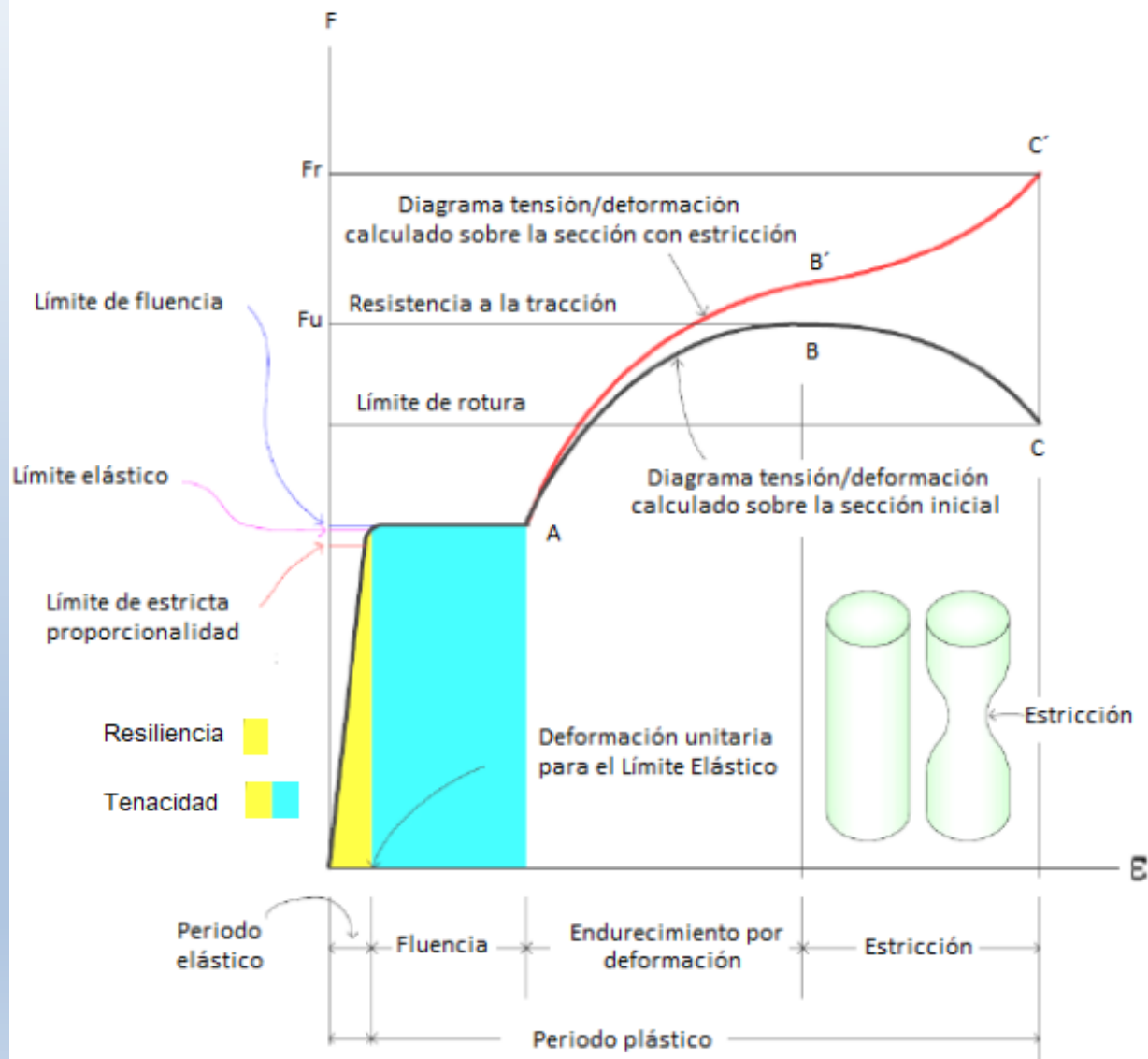
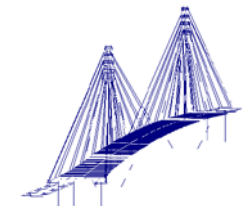


ENSAYO DE TRACCIÓN

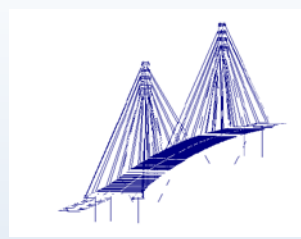


- $OA \rightarrow$ Ley de Hook $\rightarrow \sigma = E\varepsilon$
- $\sigma = P/A$
- $\varepsilon = \Delta L/L$
- Punto A $\rightarrow$ Límite de estricta proporcionalidad: **F_p**
- B = Punto de fluencia $\rightarrow$ Límite de elasticidad o límite elástico: **F_y**
- **E** = módulo de elasticidad o de Young = 210.000 N/mm²
- **F_p $\approx$ 0,8 F_y**
- B' = Punto superior de fluencia (depende de la probeta y ensayo)
- C = Punto inferior de fluencia (mas representativo)
- CD = flujo plástico o escalón de cedencia $\rightarrow$ **F_f** = tensión de fluencia: **F_t $\approx$ F_f**

ENSAYO DE TRACCIÓN

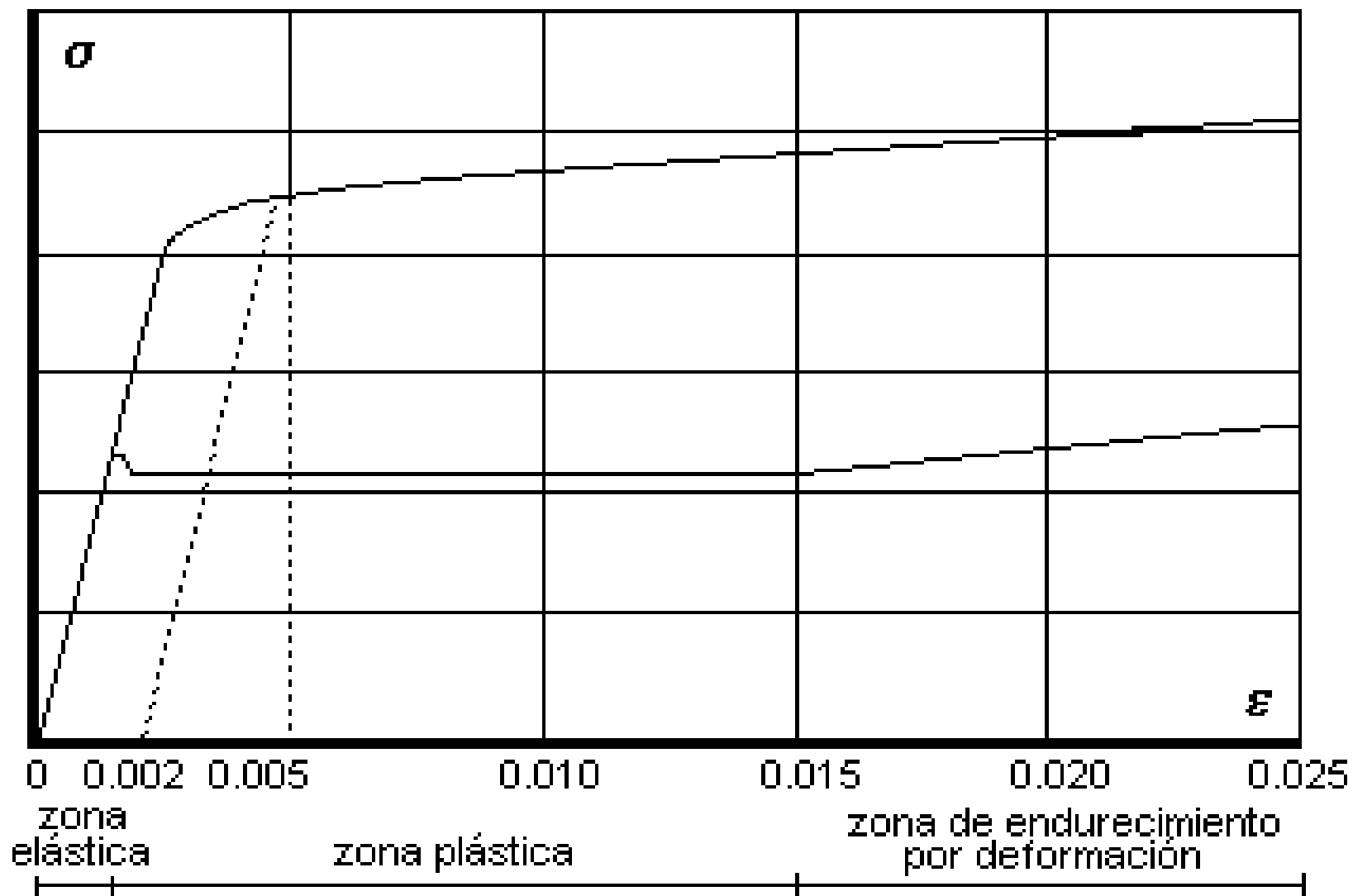
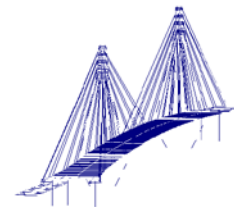


ENSAYO DE TRACCIÓN

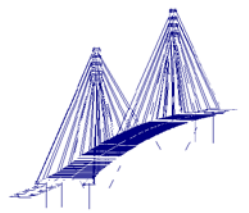


- Para los aceros de **alto contenido de carbono** y en la mayoría de los metales no es discernible ni un punto de fluencia acusado, ni de flujo plástico, definiéndose en general el punto de fluencia como el **punto de tensión de fluencia rebajado**, también denominado **tensión inicial de fluencia**, **resistencia a la fluencia** o **límite elástico convencional** y que suele corresponder al 0.2% de deformación unitaria permanente después de descargar la barra. También se puede definir como la tensión correspondiente a un alargamiento unitario del 0.5%, según se ve en la misma figura.

ENSAYO DE TRACCIÓN

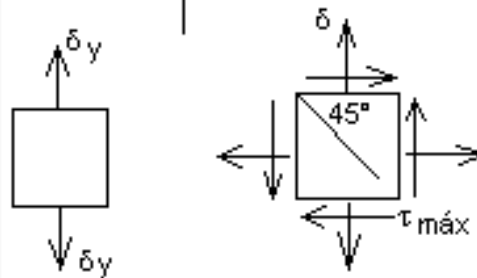
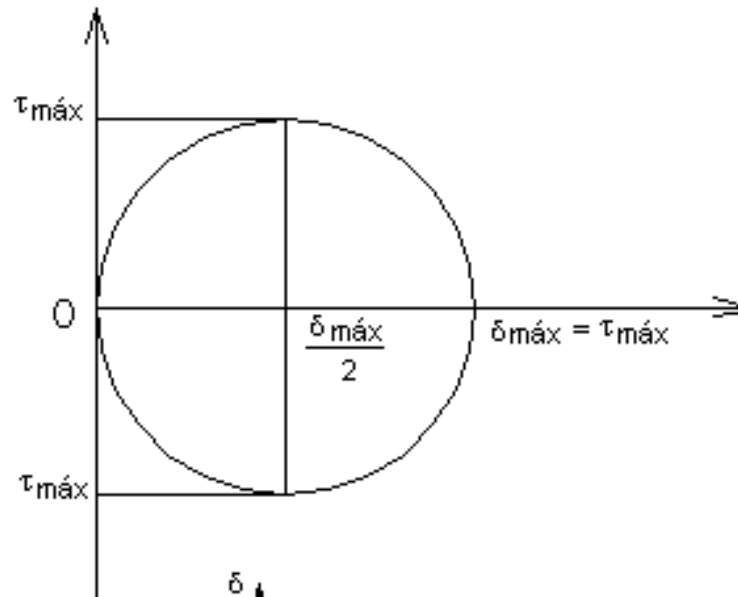
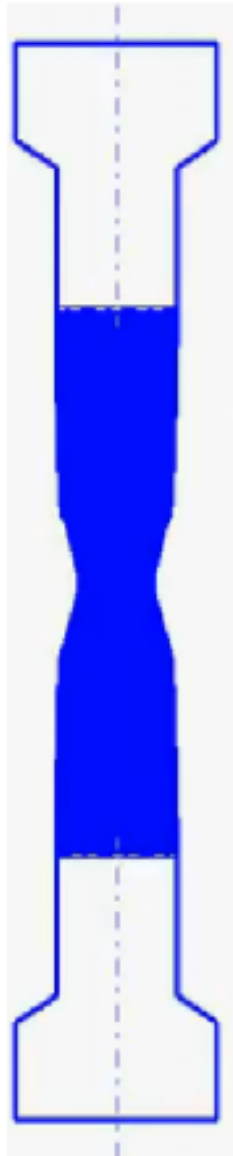
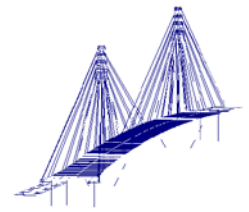


ENSAYO DE TRACCION

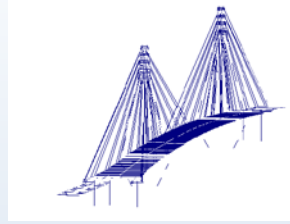


- DE = Endurecimiento por deformación
- Punto E $\rightarrow$ Resistencia a la tracción = F_u con deformaciones ϵ_{su} = **deformación convencional de rotura** del orden del 12 al 17%.
- Deformaciones en fluencia del orden del 1.5 al 2% o más.
- A partir del punto E, se produce la estricción de la probeta al formarse las **Líneas de Lüder-Hartmann, de flujo o de fluencia**.
- **Las deformaciones en rotura, ϵ_u , varían entre el 18%, aceros del tipo S375 y el 25%, aceros tipo S235.**

ENSAYO DE TRACCIÓN

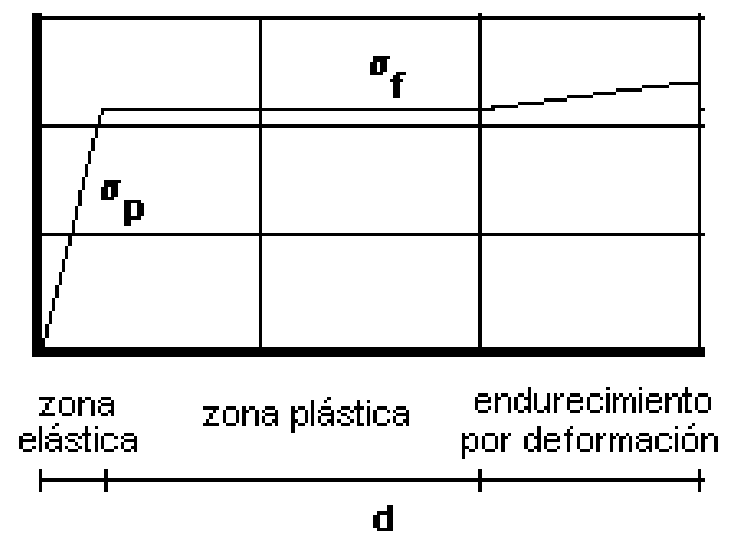
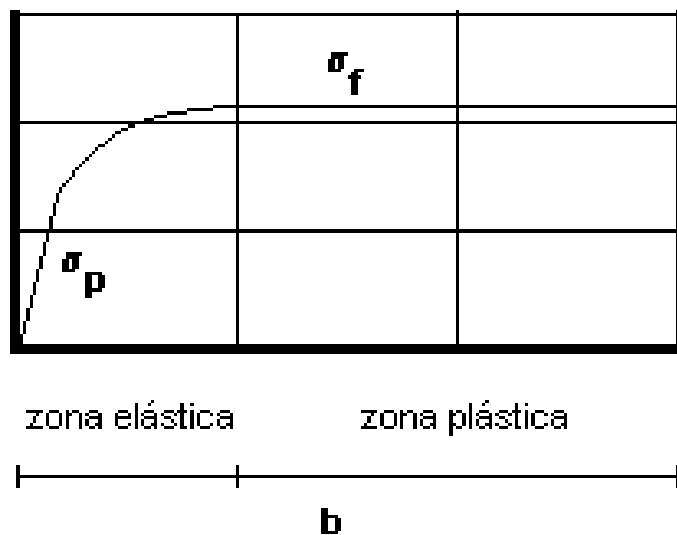
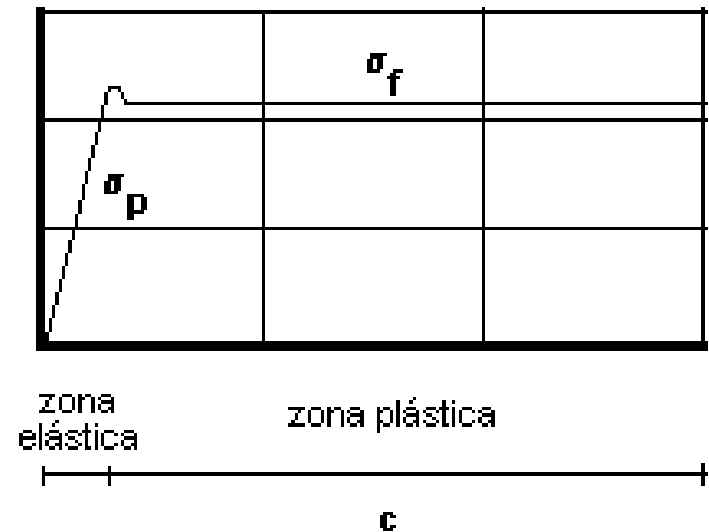
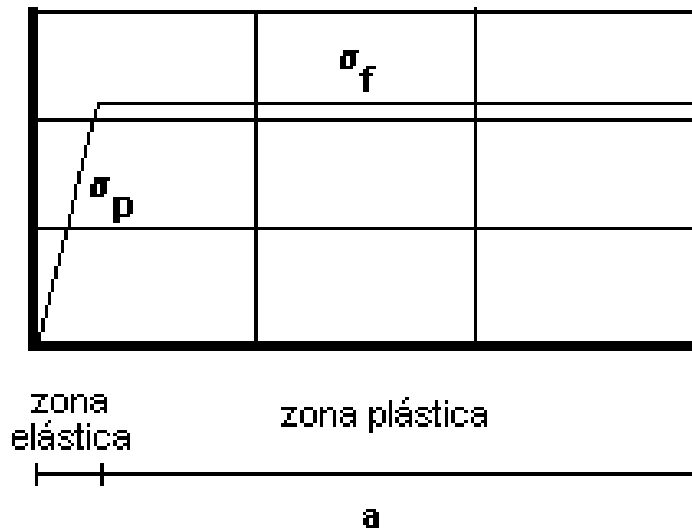
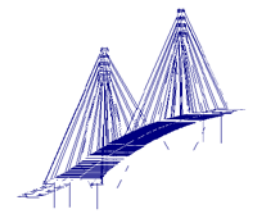


ENSAYO DE TRACCION

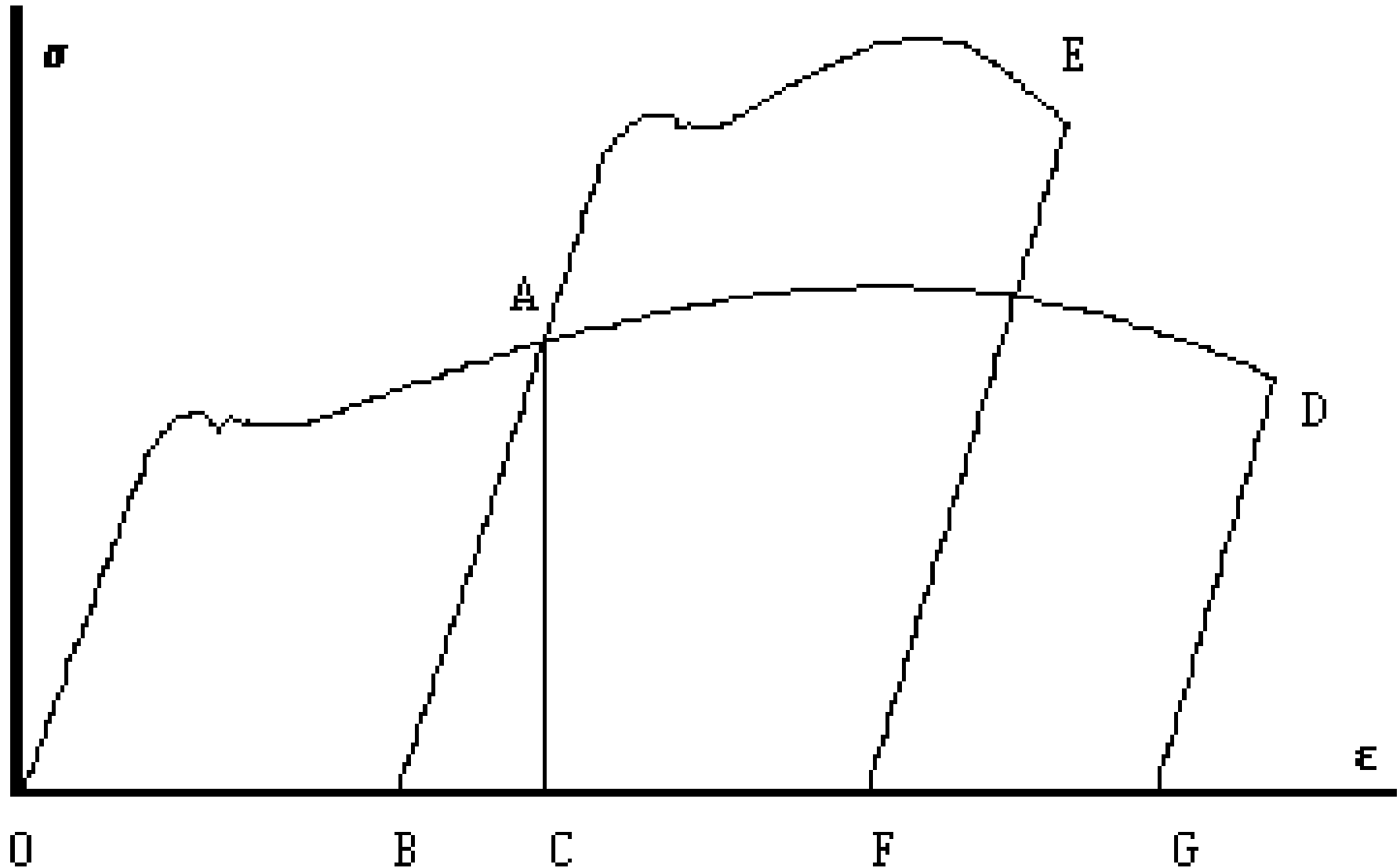
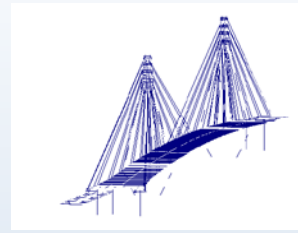


- Un aumento de la velocidad de carga tiene como efecto el aumento del límite elástico y de la resistencia a la tracción (COMO LO HACEN A DIFERENTE VELOCIDAD PUEDE PRODUCIRSE ROTURA FRAGIL) disminuyendo el alargamiento de rotura. El aumento de la temperatura del ensayo (250º C) tiene un efecto similar al de hacerlo con la velocidad de carga, denominándose al fenómeno **fragilidad azul**, por cuanto si se lima una arista de la probeta presenta un color azulado.
- **Coeficiente de Poisson, $\nu = \delta/\epsilon = 0.30$**
- **$\tau = G\gamma$**
- **$G = 810.000 \text{ Kp/cm}^2 \approx 81.000 \text{ n/mm}^2$: $G = E/2(1+\nu)$**

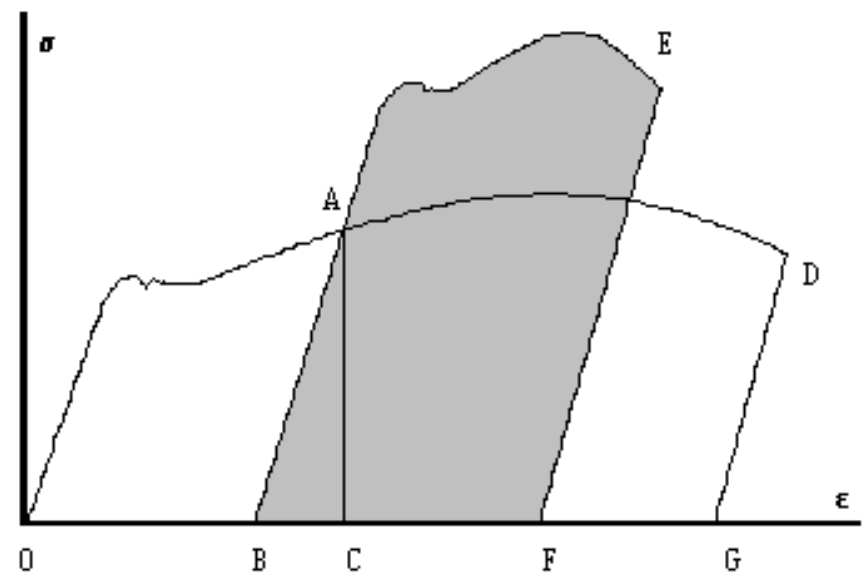
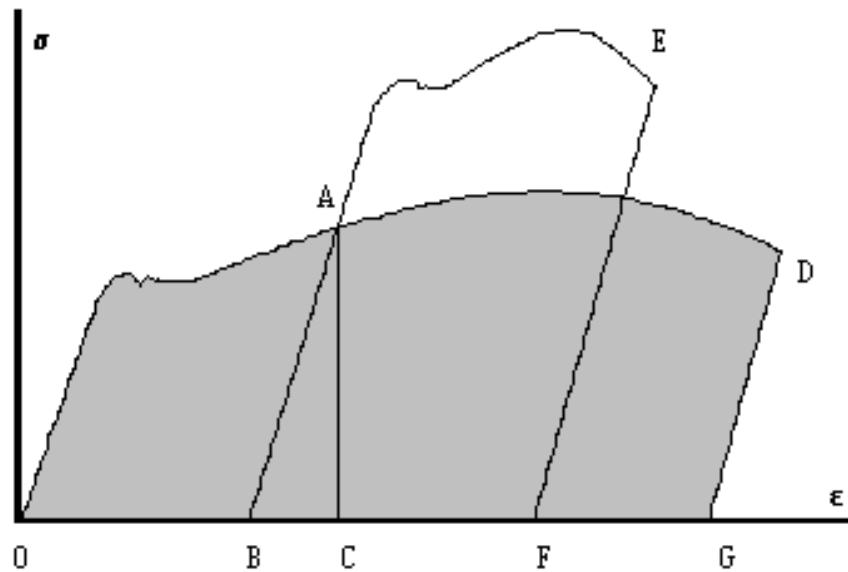
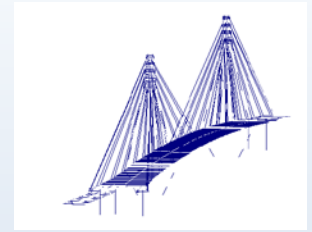
ENSAYO DE TRACCIÓN

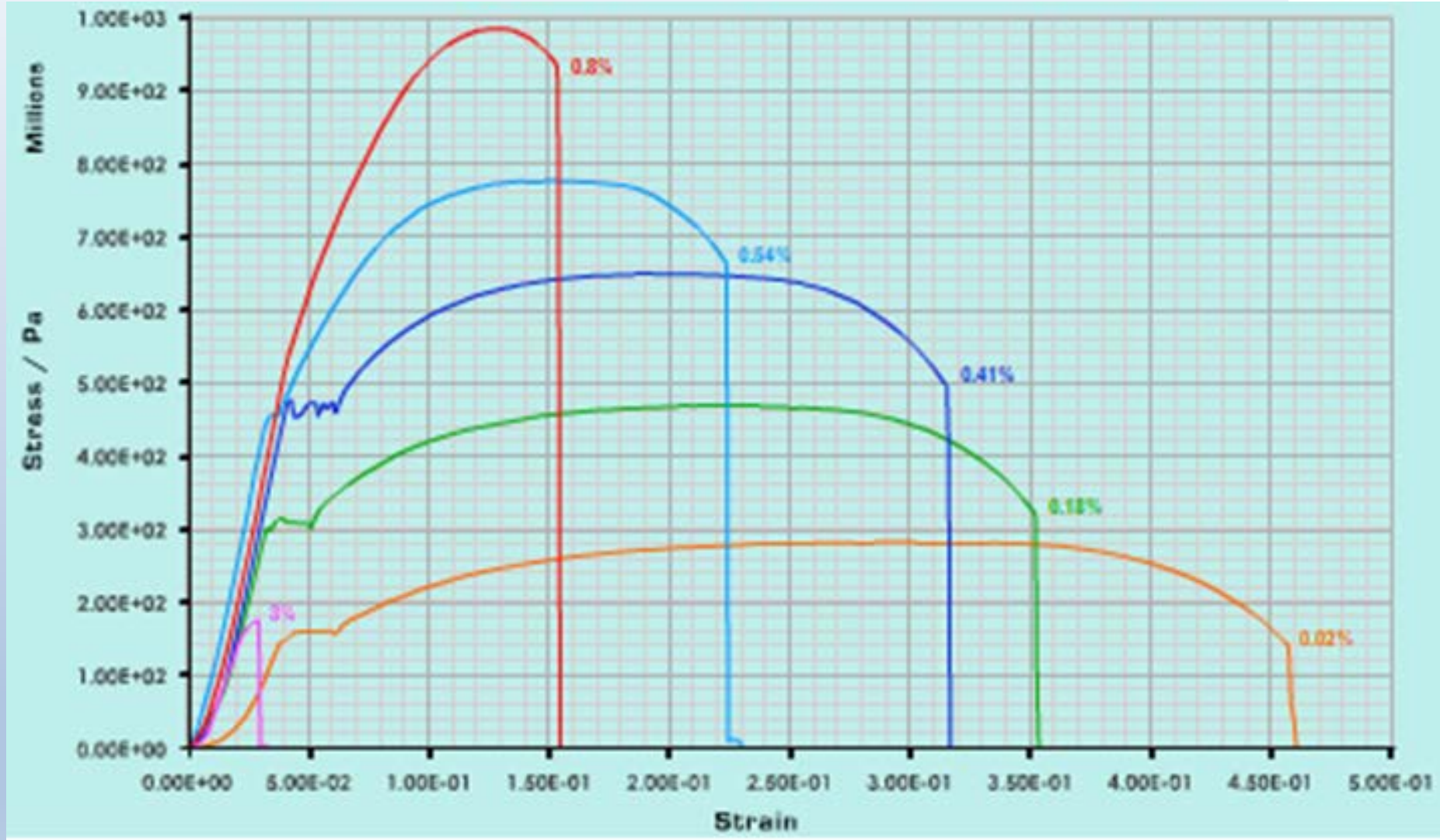
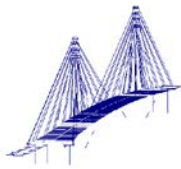


ENSAYO DE TRACCIÓN

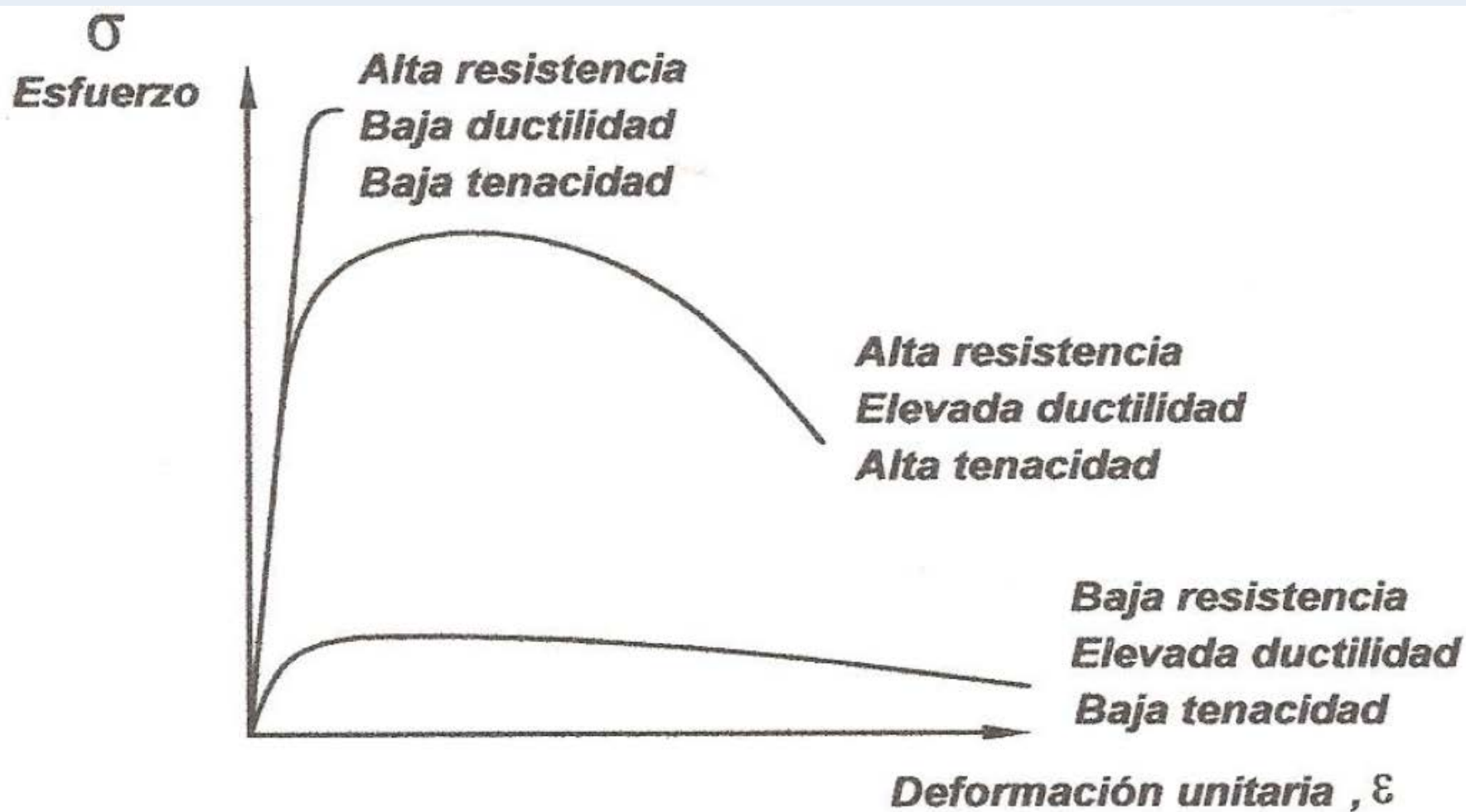
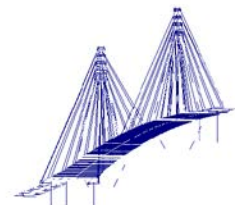


ENSAYO DE TRACCIÓN



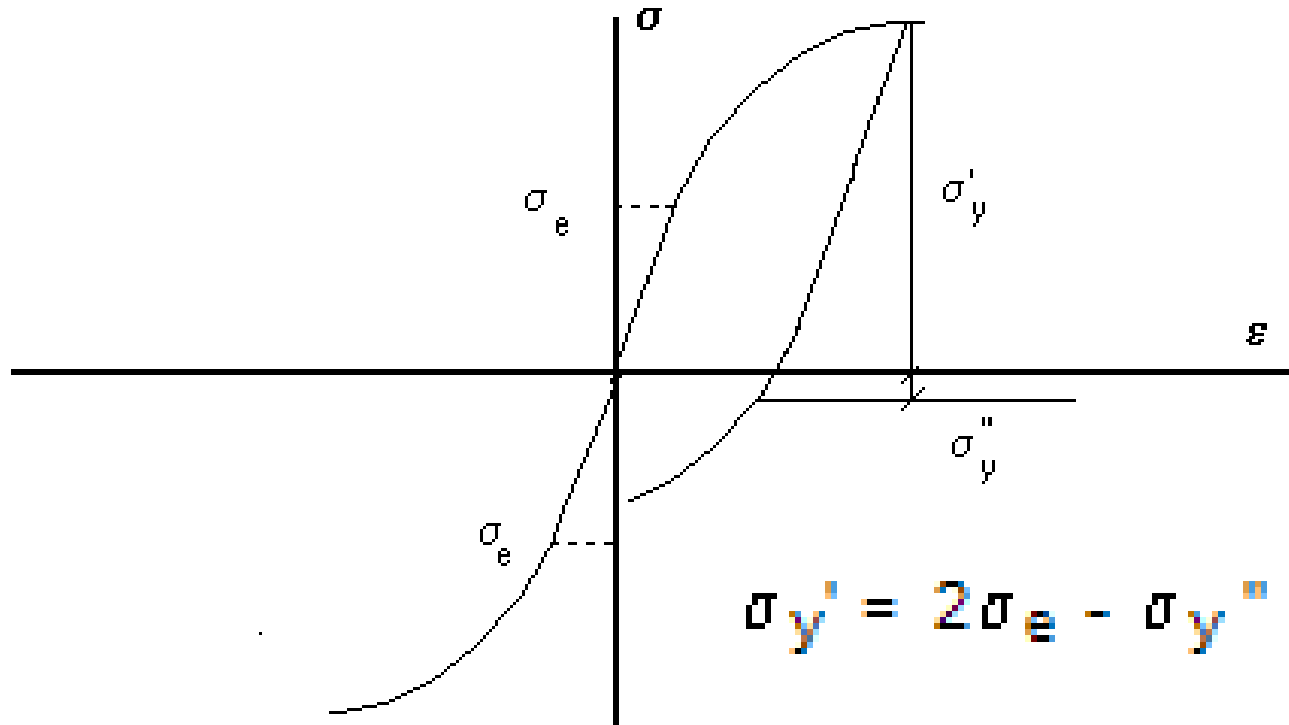
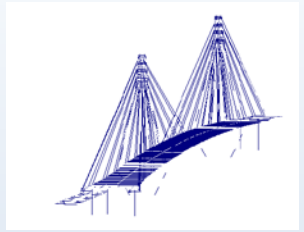


Modelo virtual creado por la Universidad de Liverpool para aceros de diferente contenido en carbono

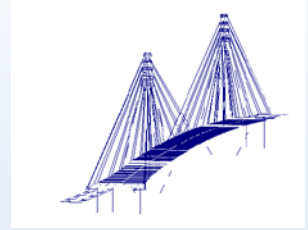


**Gráfica esfuerzo - deformación de aceros estructurales
con propiedades diferentes**

EFFECTO BAUSCHINGER

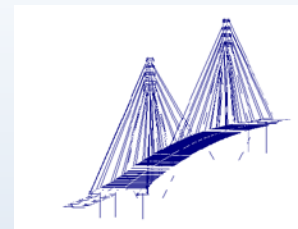


DUCTILIDAD DEL ACERO



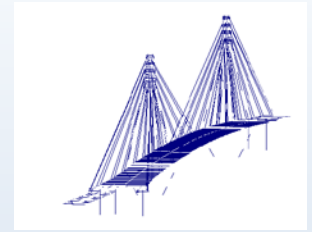
- Se define como **factor de ductilidad** de un acero al cociente entre la deformación unitaria que presenta cuando alcanza su límite elástico ϵ_e y la deformación convencional de rotura ϵ_{su}
- Así, en un acero tipo S235 con un límite elástico de 235 N/mm², y por tanto con $\epsilon_e = 235/E = 0.11\%$, y se adopta como deformación convencional en rotura a $\epsilon_{su} = 25\%$ el factor de ductilidad alcanza el valor del 220%
- La ductilidad permite absorber los efectos de las tensiones residuales y puntas tensionales locales, así como avisar con grandes deformaciones antes de la rotura.

DUCTILIDAD DEL ACERO

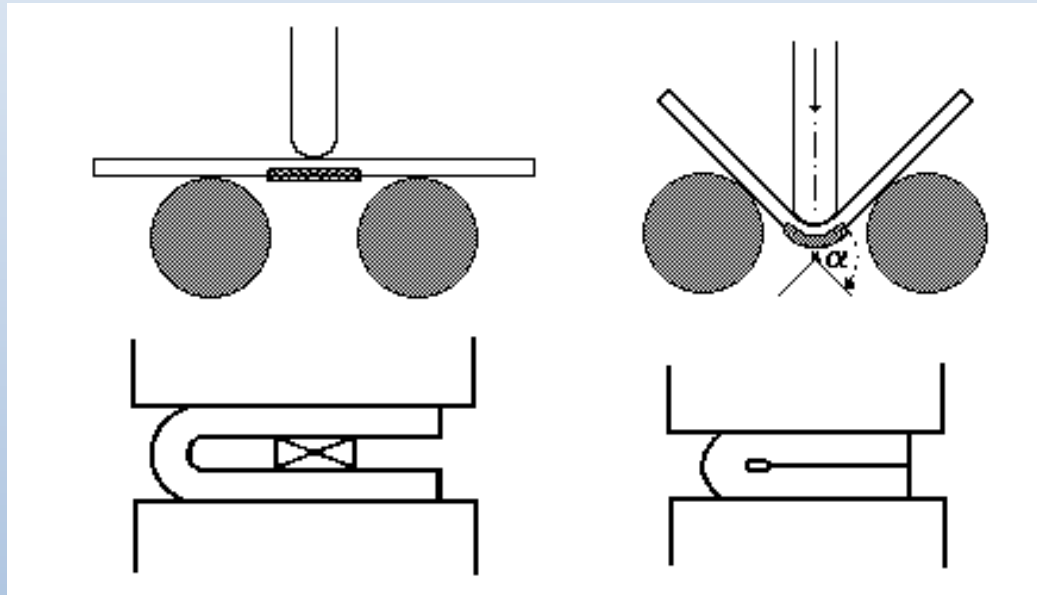


Clase de Acero	ϵ_y / ϵ_r
Acero de alambres estirados para pretensar	6
Acero tipo sigma 80/105 estirado y envejecido	21
Acero tipo sigma 60/90	38
Acero de barras corrugadas estiradas al frío en armaduras pasivas	65
Acero tipo A-52	105
Acero tipo A-37	219

DUCTILIDAD DEL ACERO

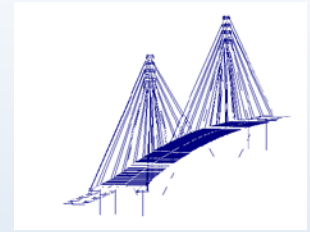


- **Ensayo de plegado**



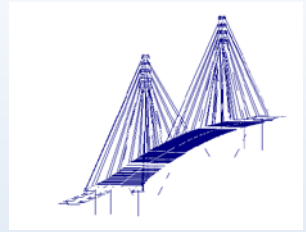
- El mandril es intercambiable para que su radio proporcione las condiciones de plegado deseadas.

DUCTILIDAD DEL ACERO

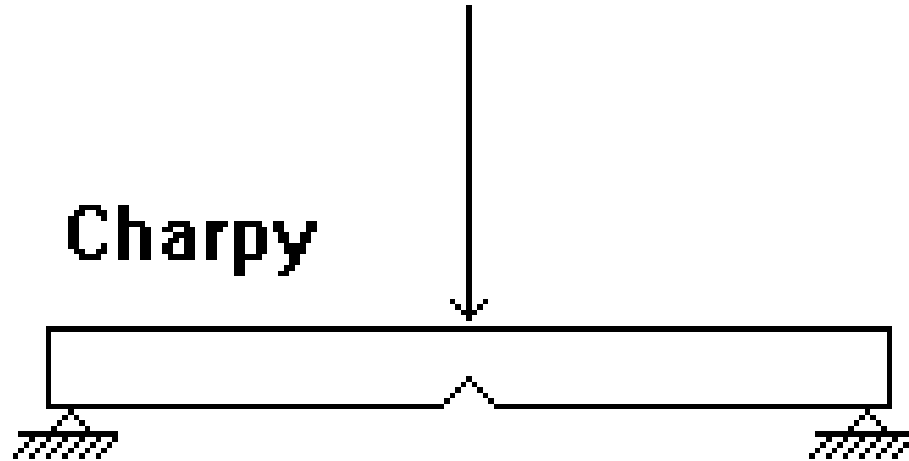


- Se ensaya hasta que el ángulo α de plegado alcanza un determinado valor establecido por la Norma.
- Si la primera grieta aparece antes de alcanzar dicho ángulo se da por finalizado el ensayo, midiendo este ángulo en grados sexagesimales, y rechazando el material.
- Cuando sea necesario llegar a un valor de $\alpha = 180^\circ$ se pliega la probeta del modo ordinario y al alcanzar aproximadamente los $\alpha = 140^\circ$ se continua el doblado por compresión directa de las dos ramas hasta que quedan paralelas, o por contacto directo, o hasta alcanzar una separación previamente fijada por interposición de un bloque intermedio.
- La cara externa de la probeta es siempre una cara de laminación.

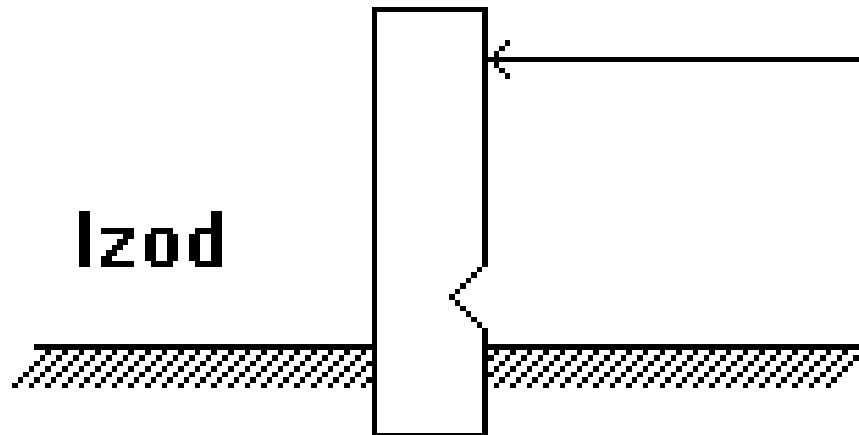
RESILIENCIA



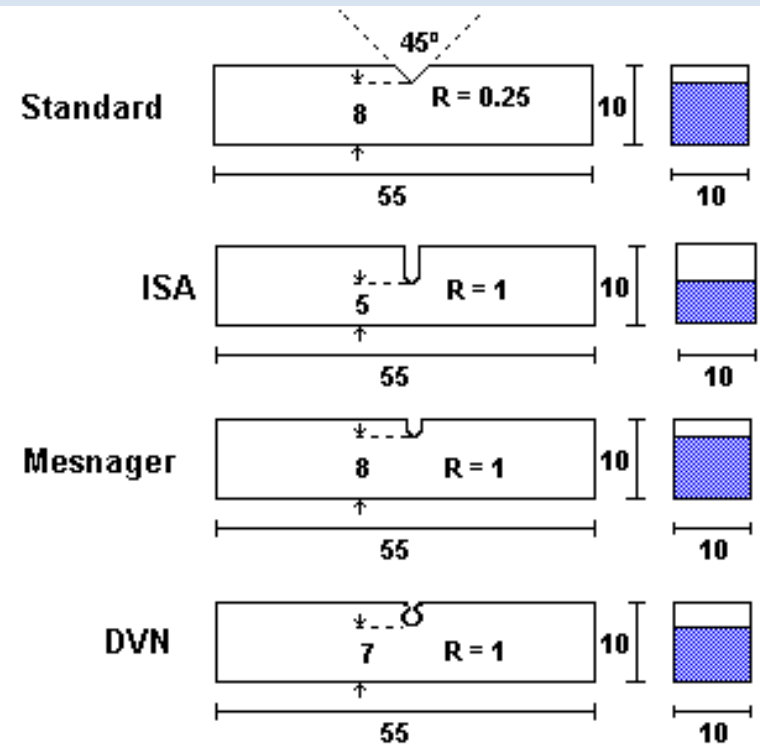
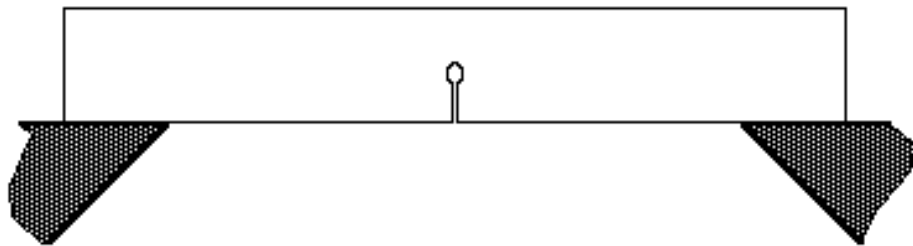
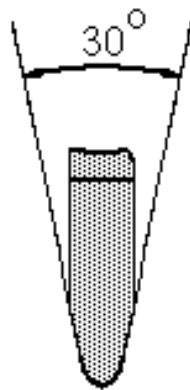
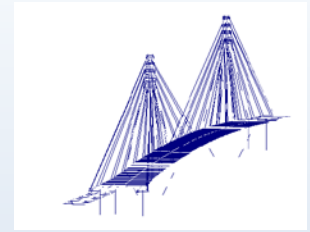
Charpy



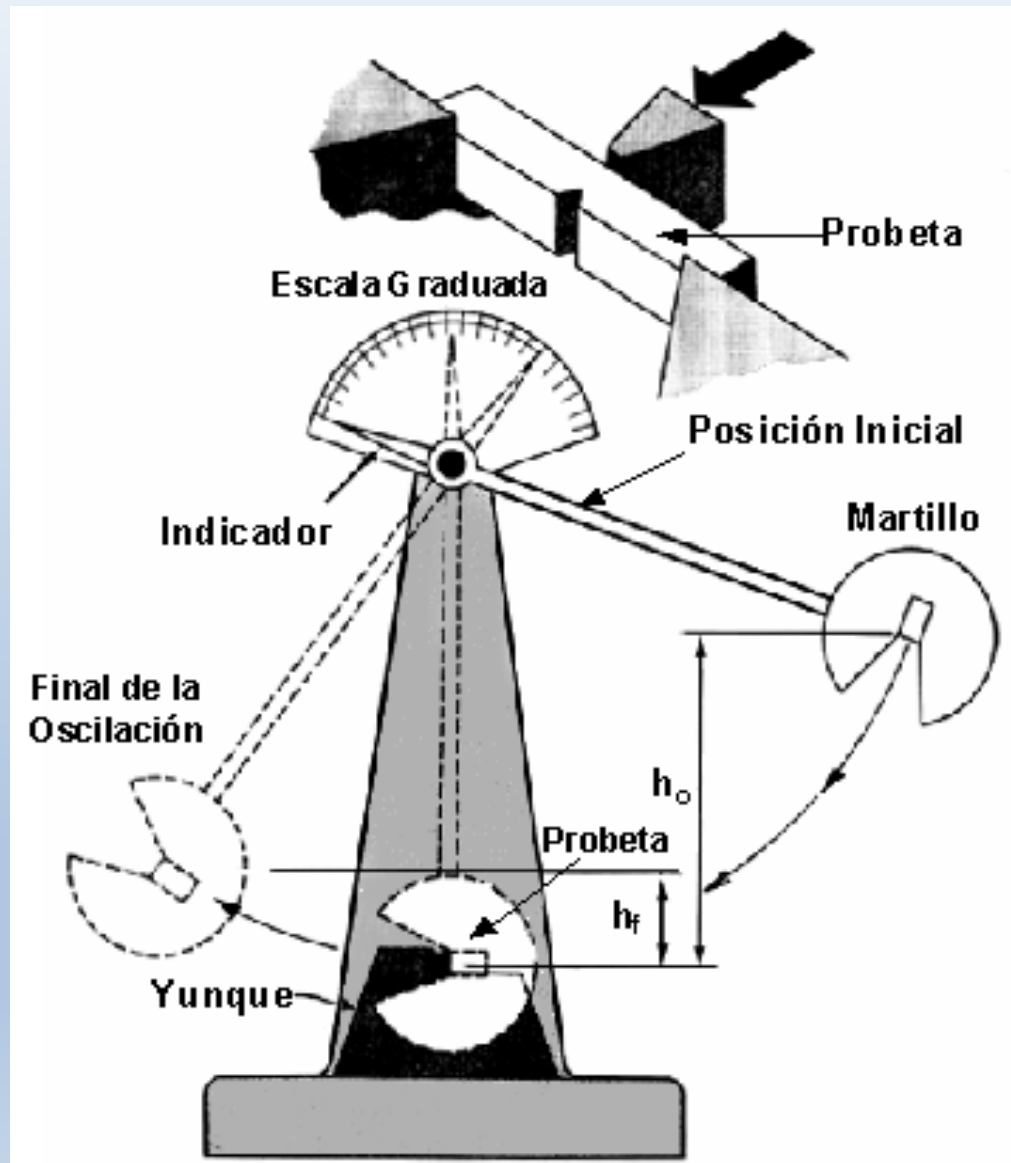
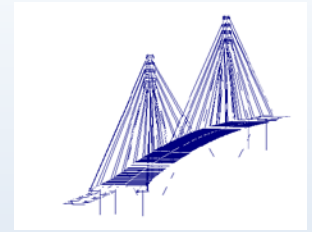
Izod



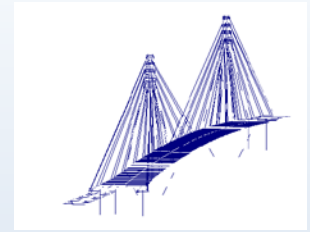
RESILIENCIA: Ensayo de Charpy



RESILIENCIA: Ensayo de Charpy

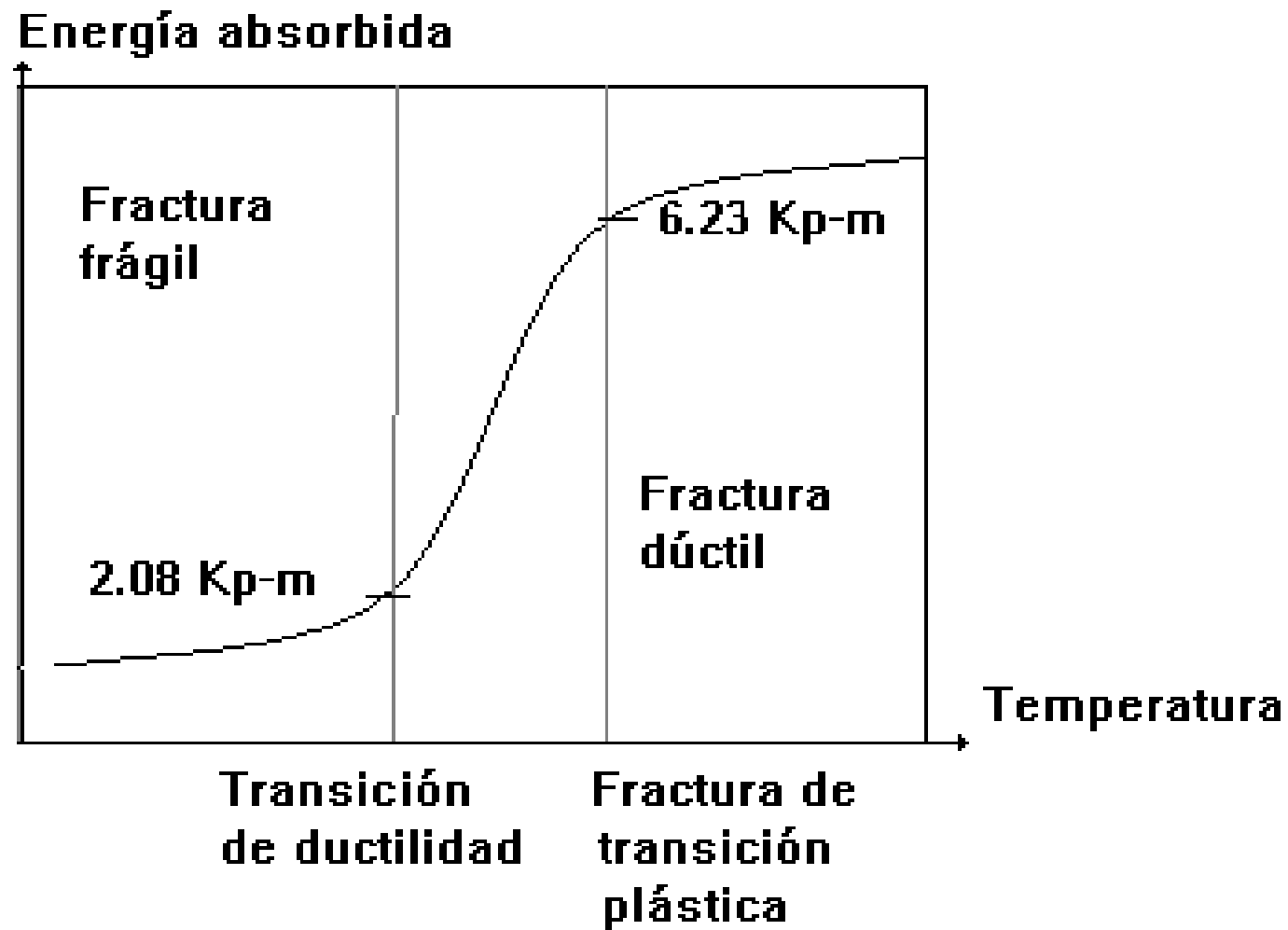
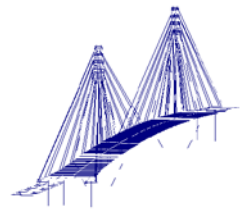


RESILIENCIA: Ensayo de Charpy

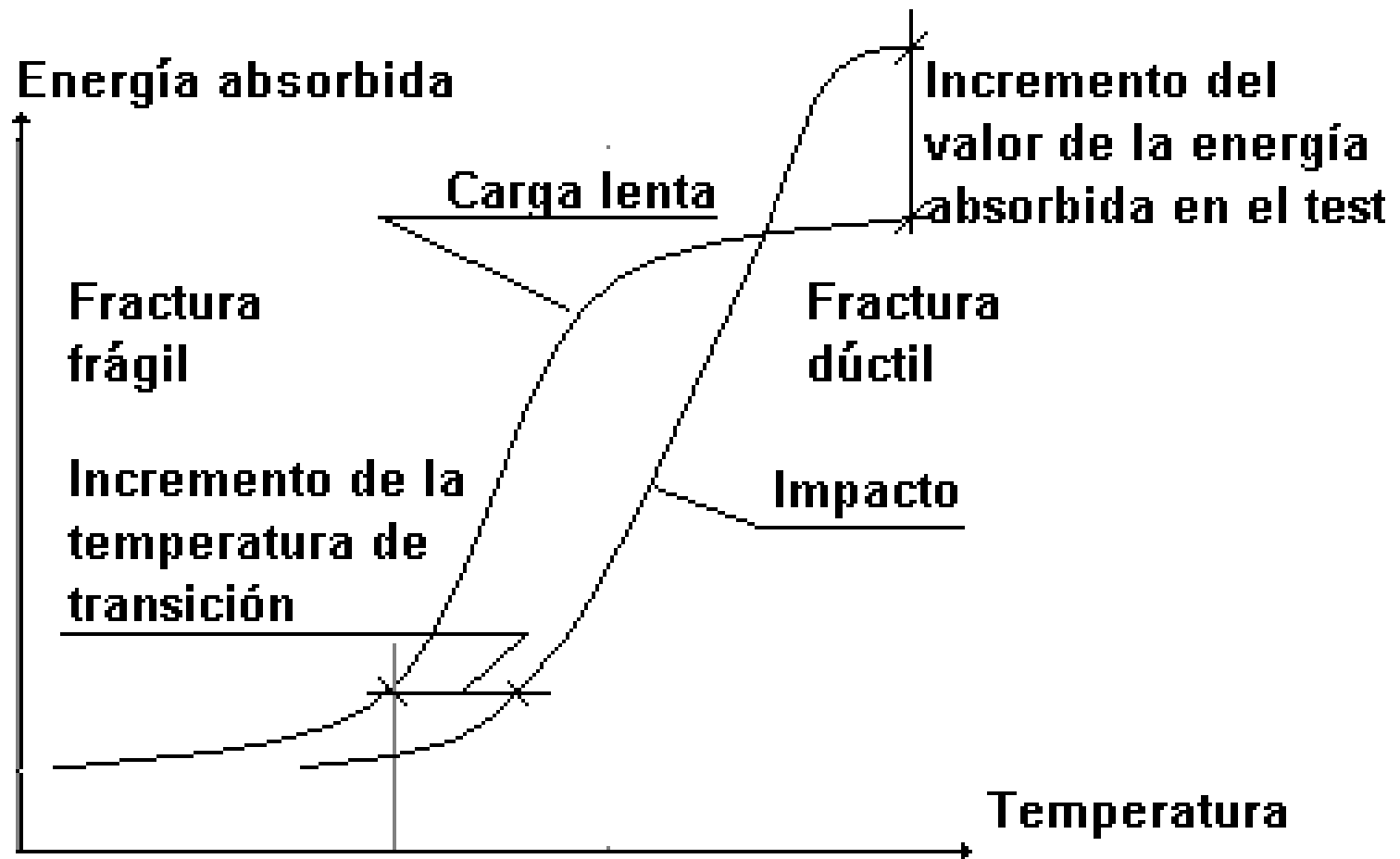
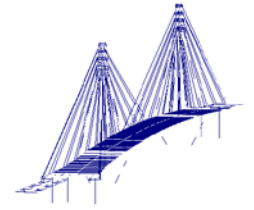


- En estos ensayos se trata de medir la energía absorbida por una probeta en un ensayo de choque.
- El trabajo empleado en romper la probeta es dividido por la sección que recibe el impacto la **resiliencia** del material, viniendo expresada en Kpm/cm². , por lo que si el peso del péndulo es P, S el área de la sección transversal de la sección de la entalladura y h y h' las alturas inicial y final que alcanza el péndulo será : $\text{Resiliencia} = P (h - h')/S$
- Establecidas las características de la probeta se mide en Julios.

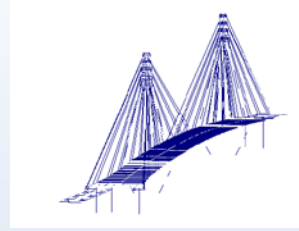
RESILIENCIA: Ensayo de Charpy



RESILIENCIA: Ensayo de Charpy

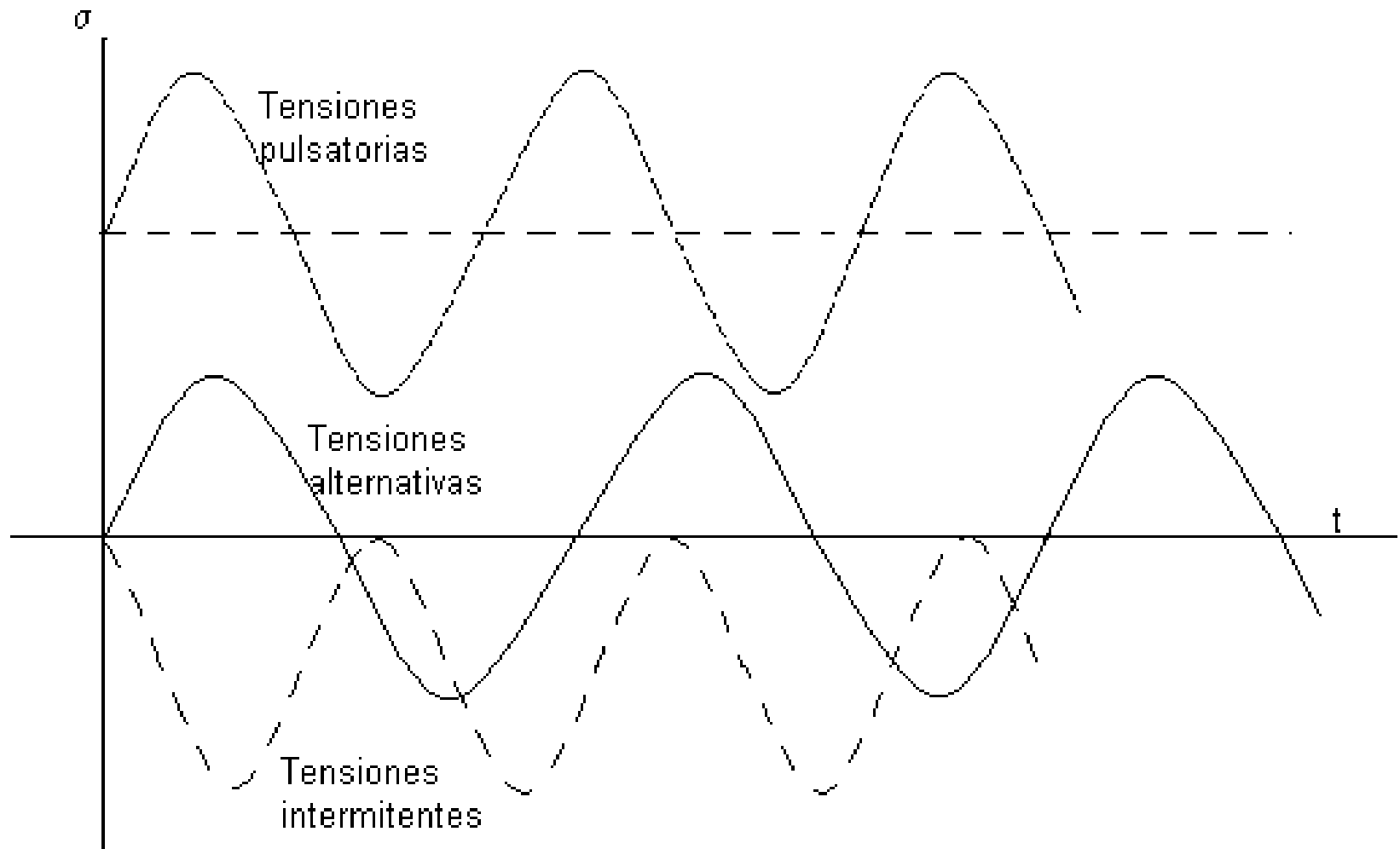
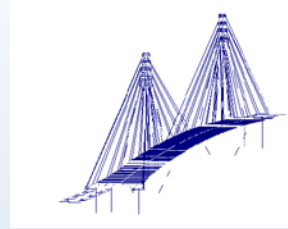


OTROS ENSAYOS

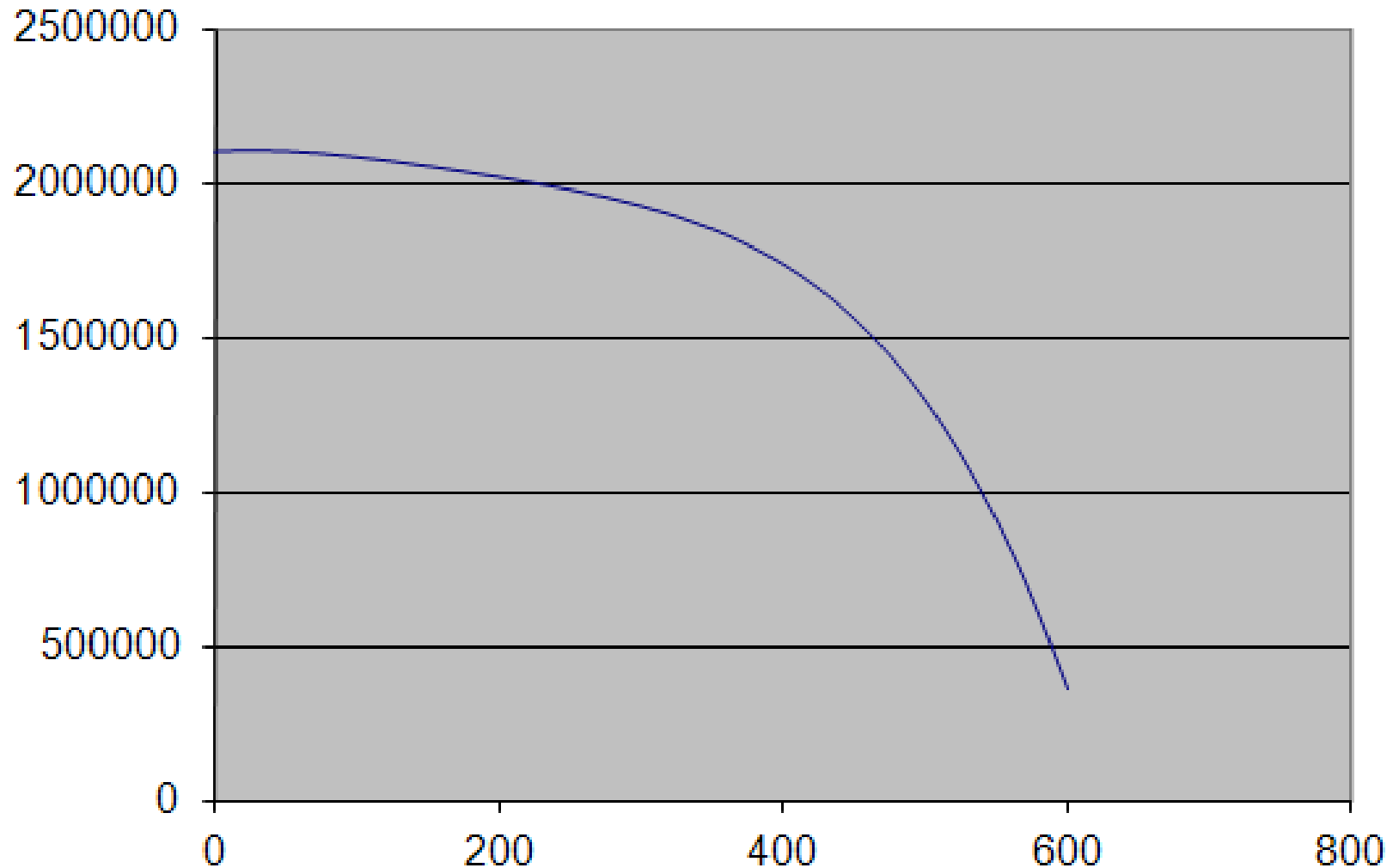
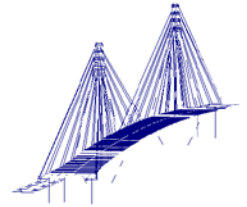


- Ensayo de dureza
- Ensayo de fatiga
 - Cargas alternativas
 - Intermitentes
 - Pulsatorias

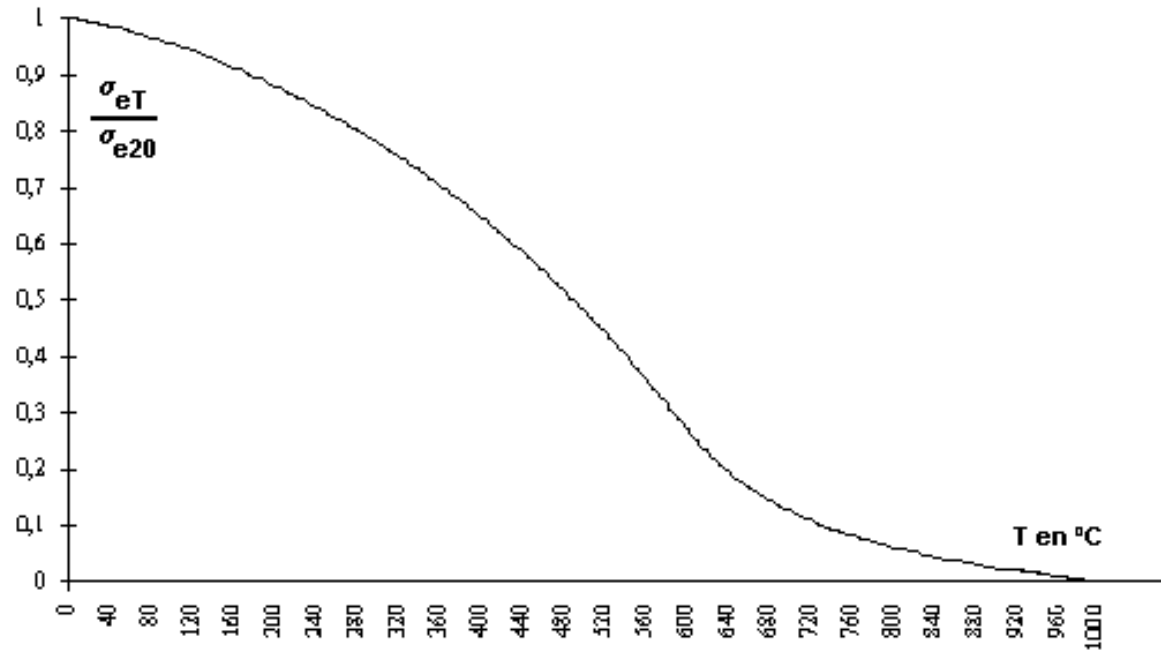
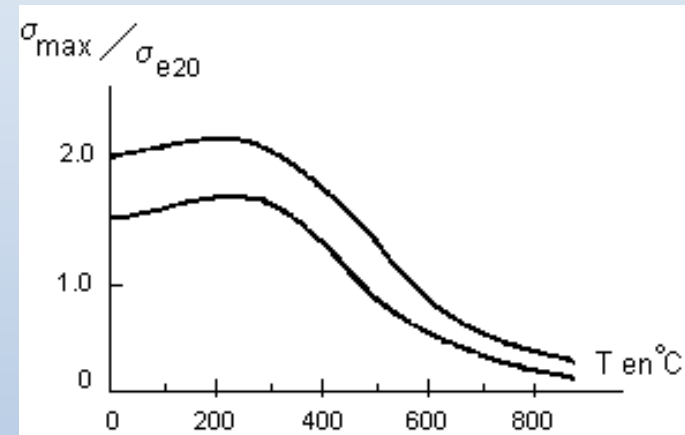
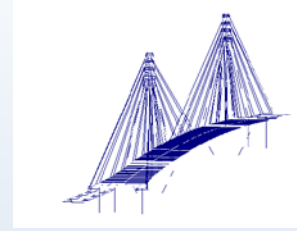
OTROS ENSAYOS



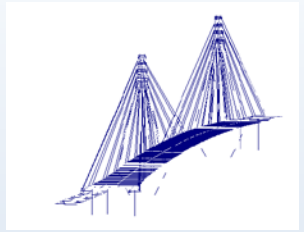
VARIACION DE LAS PROPIEDADES CON LA TEMPERATURA



VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES CON LA TEMPERATURA



DENOMINACIÓN DE LOS ACEROS



Grupo de acero

S acero de construcción

Características mecánicas

XXX límite elástico mín. en MPa

(ejemplo)

EN 10025-2: S 355

Características mecánicas

resiliencia		
min. 27 J	min. 40 J	Temp. °C
JR	KR	20
JO	K0	0
J2	K2	-20

Condiciones de tratamiento

M laminación termomecánica

N laminación normalizada

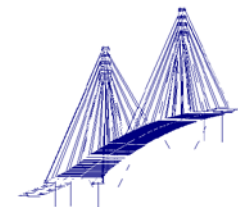
AR conformados en frío

J2 + Z35 + M

Condiciones especiales

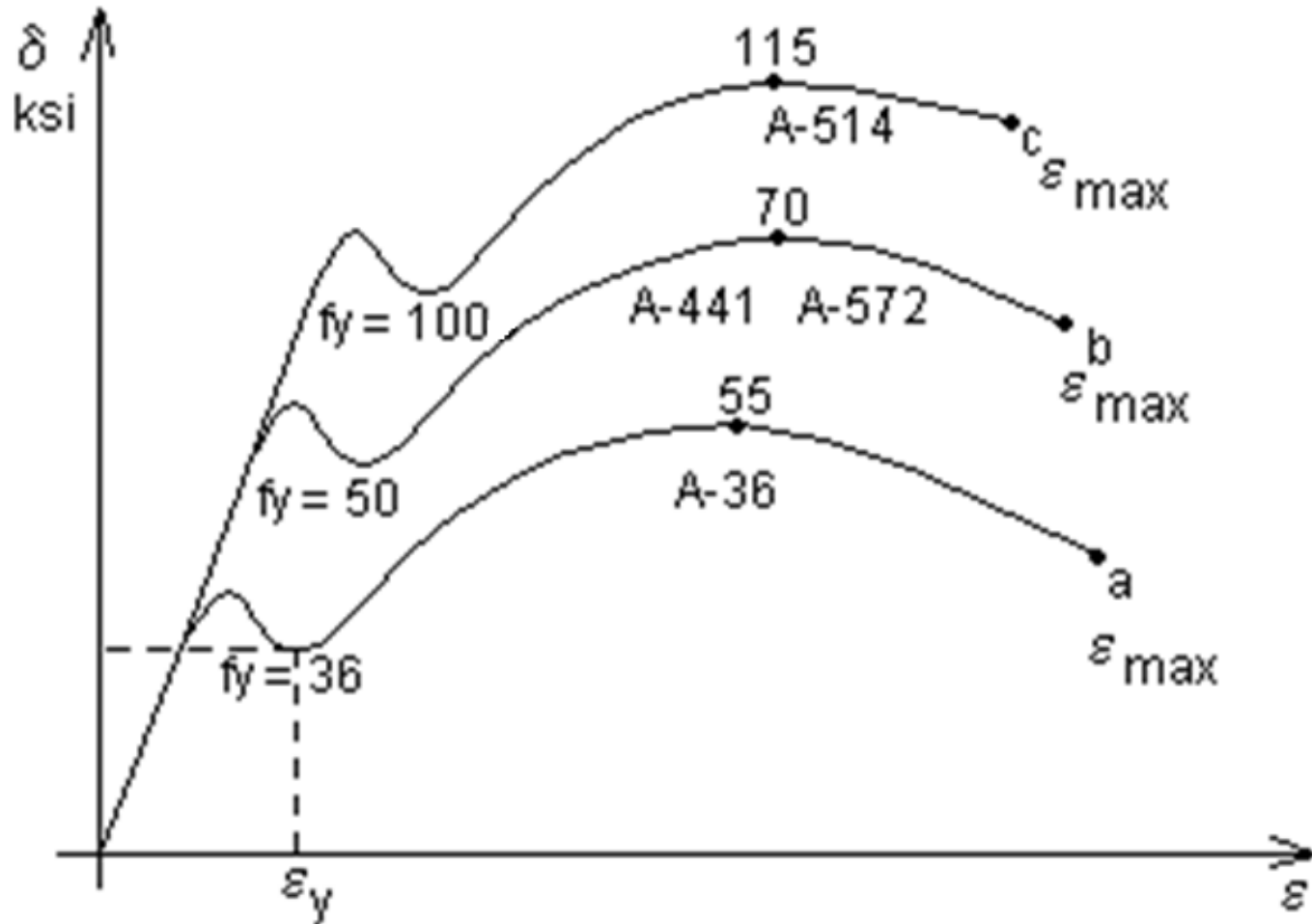
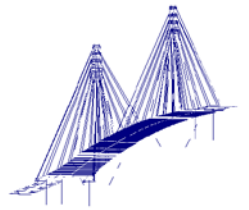
Z15	min. 15% reducción del área
Z25	min. 25% reducción del área
Z35	min. 35% reducción del área

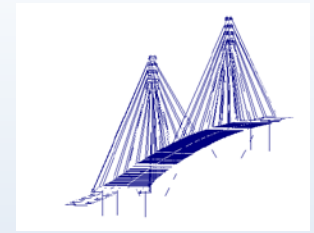
DENOMINACIÓN DE LOS ACEROS



Standard and steel grade	Nominal thickness of the element t [mm]			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550
EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490
EN 10025-6				
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550

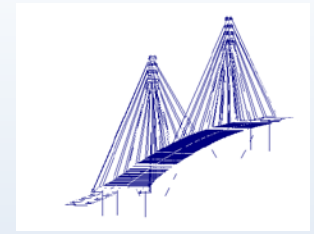
DENOMINACIÓN DE LOS ACEROS





Acero	Límite elástico (N/mm ²)	Límite elástico (kp/cm ²)	Resistencia a tracción (N/mm ²)	Resistencia a tracción (kp/cm ²)
S235	235		365	
A37		2400		3700
S255	255		415	
A42		2600		4200
S275	275		435	
A44		2800		4400
S355	355		515	
A52		3600		5200
A37	37 ksi	2530	55 ksi	3867

EJERCICIOS DE APLICACIÓN



Una viga simplemente apoyada de 5 m de luz con el apoyo izquierdo fijo y derecho deslizable y cuya sección transversal se muestra en la figura, se encuentra sometida por diferentes causas, a unas tensiones residuales que pueden resumirse considerando que ambas alas se encuentran comprimidas a 800 Kp/cm^2 mientras que el alma se encuentra traccionada también a 800 Kp/cm^2 , de acuerdo al diagrama tensional de la misma figura.

Determinar .

1º - El valor de la fuerza P de tracción que debe aplicarse en el eje de la viga para que alguna de sus fibras alcance el límite elástico.

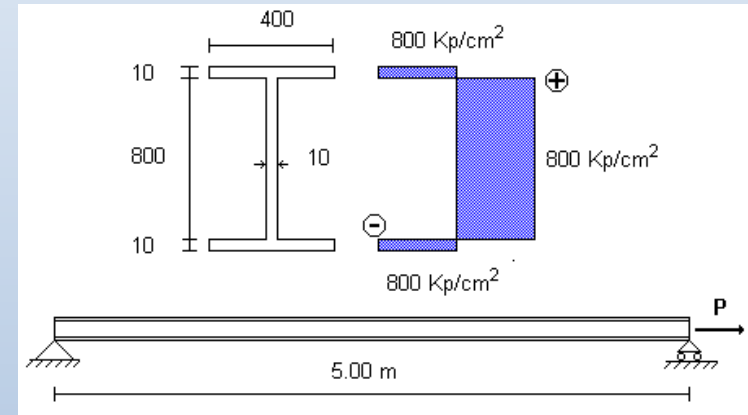
2º - El valor de P que produce la rotura de la viga y su alargamiento correspondiente.

3º - El máximo valor de P y el alargamiento que produce dicha fuerza en el caso de que no existieran tensiones residuales. Compare con los resultados del apartado anterior comentando los mismos.

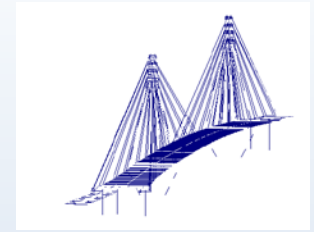
4º - Dibujar el diagrama de variación del alargamiento de la viga en función de la carga P .

5º - Suponiendo impedido el desplazamiento del apoyo de la derecha determinar que incremento teórico de la temperatura aplicado uniformemente a la viga anularía las tensiones residuales en su eje.

El límite elástico del acero es de 2400 Kp/cm^2 , no se considera el peso propio de la viga y se supone que no existen fenómenos de inestabilidad elástica como el pandeo.



EJERCICIOS DE APLICACIÓN



!º) Dado que el límite elástico es de 2400 Kp/cm^2 será necesario aplicar al eje de la viga una fuerza P tal que la tensión en el mismo sea de :

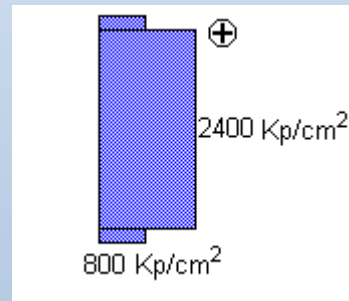
$$2400 - 800 = 1600 \text{ Kp/cm}^2$$

Como el área de la sección es de : $2 \times 40 \times 1 + 80 \times 1 = 160 \text{ cm}^2$, la fuerza P pedida será :

$$\underline{P} = 1600 \text{ Kp/cm}^2 \times 160 \text{ cm}^2 = \underline{256.000 \text{ Kp.}}$$

2º) Al aplicar la fuerza anterior a la viga, la nueva distribución de tensiones será:

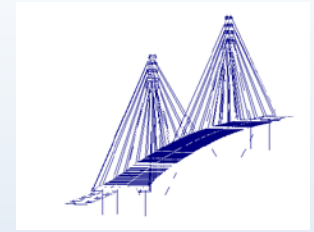
Tensiones en las alas $1600 - 800 = 800 \text{ Kp/cm}^2$, mientras que la totalidad del alma esta plastificada y por tanto no puede admitir más carga.



Por consiguiente el incremento total de la carga hasta la total plastificación de la sección ha de ser absorbida por las alas, como hasta alcanzar el límite elástico se necesita un incremento de la tensión de $2400 - 800 = 1600 \text{ Kp/cm}^2$ y el área de las alas es de : $2 \times 40 \times 1 = 80 \text{ cm}^2$, el incremento sobre el valor de la carga anterior ha de ser : $80 \times 1600 = 128.000 \text{ Kp}$ por lo que la carga que produce la plastificación total de la sección es de :

$$\underline{P} = 256.000 + 128.000 = \underline{384.000 \text{ Kp.}}$$

EJERCICIOS DE APLICACIÓN



!º) Dado que el límite elástico es de 2400 Kp/cm^2 será necesario aplicar al eje de la viga una fuerza P tal que la tensión en el mismo sea de :

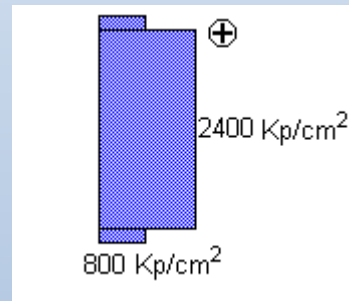
$$2400 - 800 = 1600 \text{ Kp/cm}^2$$

Como el área de la sección es de : $2 \times 40 \times 1 + 80 \times 1 = 160 \text{ cm}^2$, la fuerza P pedida será :

$$\underline{P} = 1600 \text{ Kp/cm}^2 \times 160 \text{ cm}^2 = \underline{256.000 \text{ Kp.}}$$

2º) Al aplicar la fuerza anterior a la viga, la nueva distribución de tensiones será:

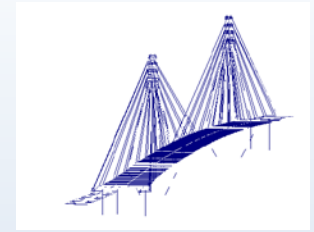
Tensiones en las alas $1600 - 800 = 800 \text{ Kp/cm}^2$, mientras que la totalidad del alma esta plastificada y por tanto no puede admitir más carga.



Por consiguiente el incremento total de la carga hasta la total plastificación de la sección ha de ser absorbida por las alas, como hasta alcanzar el límite elástico se necesita un incremento de la tensión de $2400 - 800 = 1600 \text{ Kp/cm}^2$ y el área de las alas es de : $2 \times 40 \times 1 = 80 \text{ cm}^2$, el incremento sobre el valor de la carga anterior ha de ser : $80 \times 1600 = 128.000 \text{ Kp}$ por lo que la carga que produce la plastificación total de la sección es de :

$$\underline{P} = 256.000 + 128.000 = \underline{384.000 \text{ Kp.}}$$

EJERCICIOS DE APLICACIÓN



Por consiguiente el incremento total de la carga hasta la total plastificación de la sección ha de ser absorbida por las alas, como hasta alcanzar el límite elástico se necesita un incremento de la tensión de $2400 - 800 = 1600 \text{ Kp/cm}^2$ y el área de las alas es de : $2 \times 40 \times 1 = 80 \text{ cm}^2$, el incremento sobre el valor de la carga anterior ha de ser : $80 \times 1600 = 128.000 \text{ Kp}$ por lo que la carga que produce la plastificación total de la sección es de :

$$\underline{P} = 256.000 + 128.000 = \underline{\underline{384.000 \text{ Kp}}}.$$

Para la carga de 256.000 Kp. la viga se alarga una longitud de valor:

$$\Delta L = PL/EA = (256.000 \times 500) / (2.100.000 \times 160) = 0.38 \text{ cm}.$$

y al aplicar un incremento de la carga de 128.000 Kp. el alargamiento será

$$\underline{\Delta L} = 0.38 + \frac{\Delta PL}{EA} = 0.38 + (128.000 \times 500,38) / (2.100.000 \times 80) = 0.38 + 0.38 = \underline{\underline{0.76 \text{ cm}}}.$$

3º) Si no existiesen tensiones residuales la fuerza que produce la plastificación de la sección será de :

$$\underline{P} = 2400 \times 160 = \underline{\underline{384.000 \text{ Kp}}}.$$

El incremento de longitud de la viga es en este caso de:

$$\underline{\Delta L} = PL/EA = (384.000 \times 500) / (2.100.000 \times 160) = \underline{\underline{0.57 \text{ cm}}}.$$

Como era de esperar las tensiones residuales no hacen variar la carga de rotura de la viga (384.000 Kp) provocando únicamente unas deformaciones superiores (0.76 cm frente a 0.57 cm), al ir perdiéndose sección resistente por entrar en fluencia, por este motivo en los problemas de inestabilidad (Teoría de segundo orden) las tensiones residuales reducen la carga crítica al disminuir la rigidez de la pieza.

4º) Representando los valores de P en kilopondios en el eje de ordenadas y el incremento de la longitud de la viga en centímetros.

