
Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ingeniería

Unidad N°3:
ENsayo de MATERIALES

Dra. Ana María Furlani



Plan de la Exposición

Propiedades Mecánicas

Ensayos Mecánicos

- Propiedades Mecánicas
- Ensayos Mecánicos

Ensayos Destructivos

Ensayos No Destructivos



Esfuerzos Simples

Estática de sólidos:

Equilibrio de fuerzas externas:

Equilibrio estático

Materiales reales se deforman:

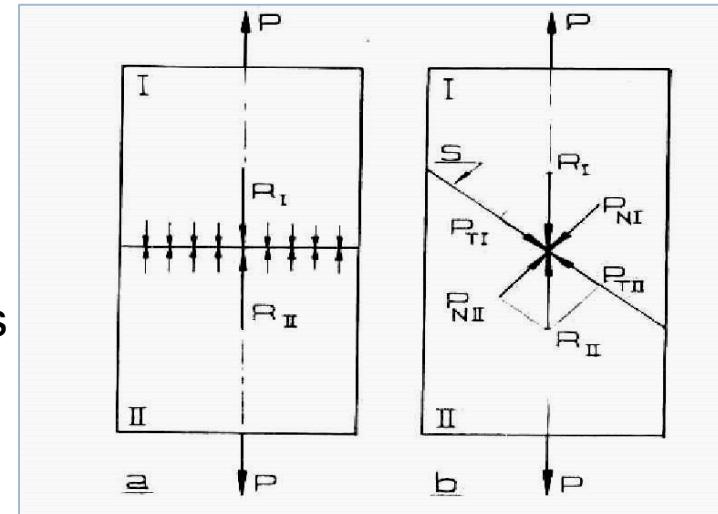
Mecánica de sólidos

Reacciones contrarrestan fuerzas externas

Métodos:

Analíticos

Experimentales



Esfuerzo:

Actúan fuerzas exteriores:

Rompen equilibrio interno del sólido

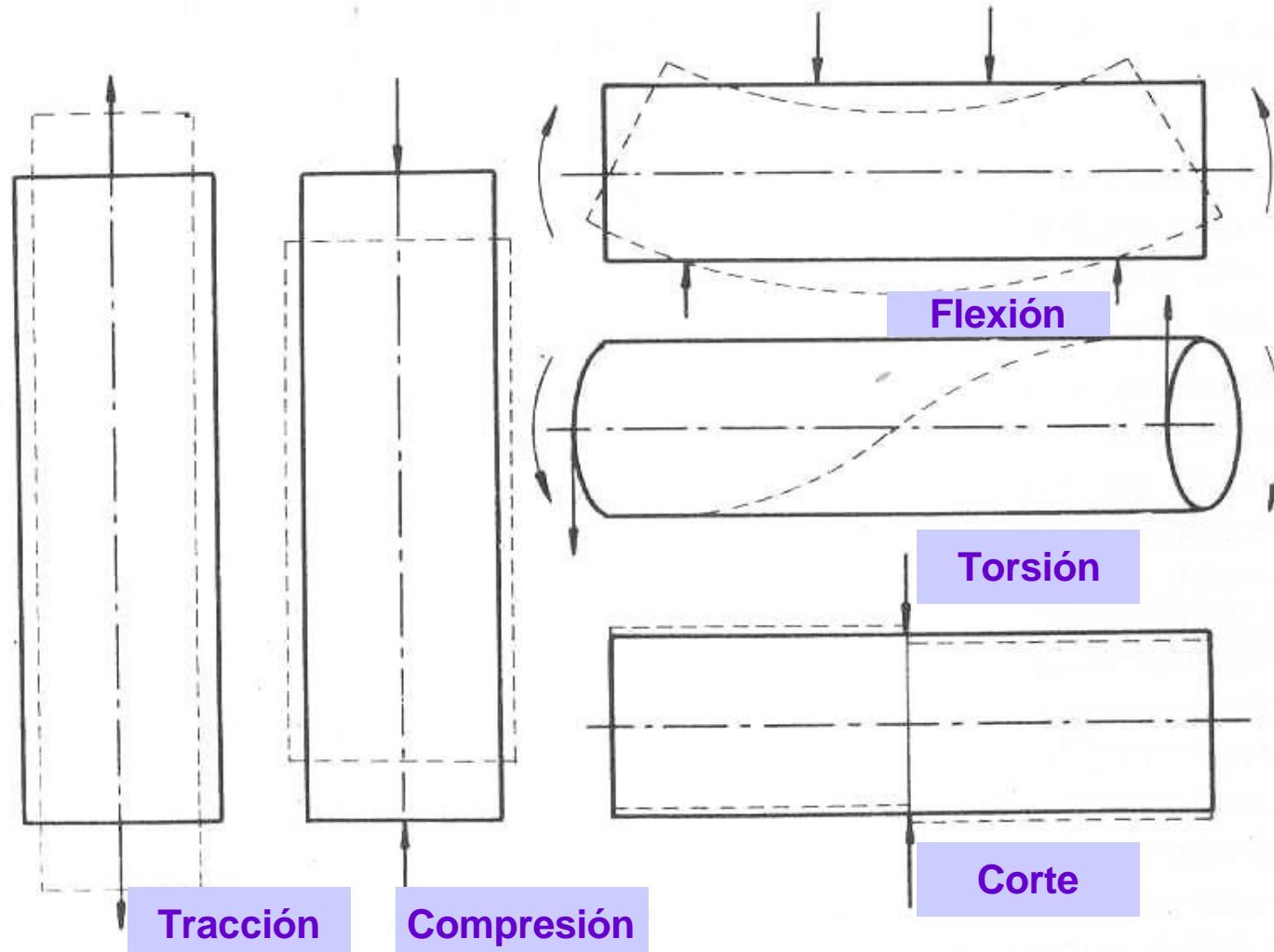
Atracción/repulsión de átomos:

Fuerzas internas

P_N (valor crítico, decohesión, fractura)

P_T (deslizamiento, fractura)

Esfuerzos Simples

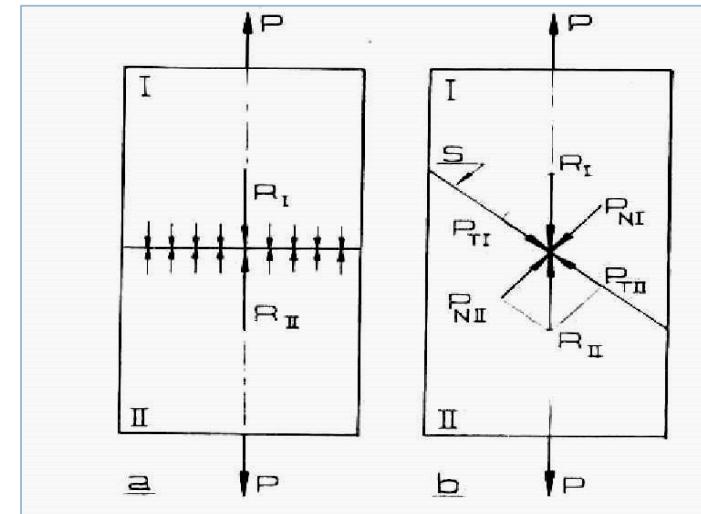


Esfuerzos Simples

Tensión= *Fuerza/Área*

$$\sigma = \frac{P_N}{S}$$

$$\tau = \frac{P_T}{S}$$



De ensayos:

$$\sigma = \frac{M_f}{W_x}$$

$$\tau = \frac{M_t}{W_p}$$



Esfuerzos Simples

Nomenclatura

σ : esfuerzo normal

τ : esfuerzo tangencial

E : aplicación estática de la carga

D : aplicación dinámica

Ejemplos:

σ_{ET}

τ_{ET}



Tensiones admisibles o de trabajo

Materiales frágiles:

$$\sigma_{adm} = \sigma_{ET} / \text{coef. seguridad (N)}$$

Materiales dúctiles:

$$\sigma_{adm} = \sigma_p / \text{coef. seguridad (N)}$$



Tipos de cargas externas

Según velocidad de aplicación:

Cargas estáticas

Cargas dinámicas

Cuasi instantáneas

Repetidas en el tiempo

Según modo de aplicación:

Concentradas

Distribuidas

Uniformes

No uniformes



Elasticidad y Plasticidad

Deformación Elástica:

Desaparece al anular la causa que la produjo

Deformación elástica instantánea o ideal

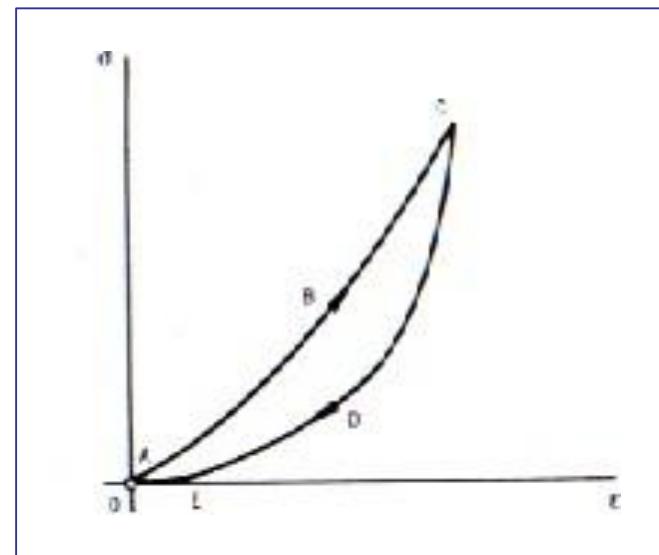
Deformación elástica retardada

Descomposición aditiva

Deformación Plástica:

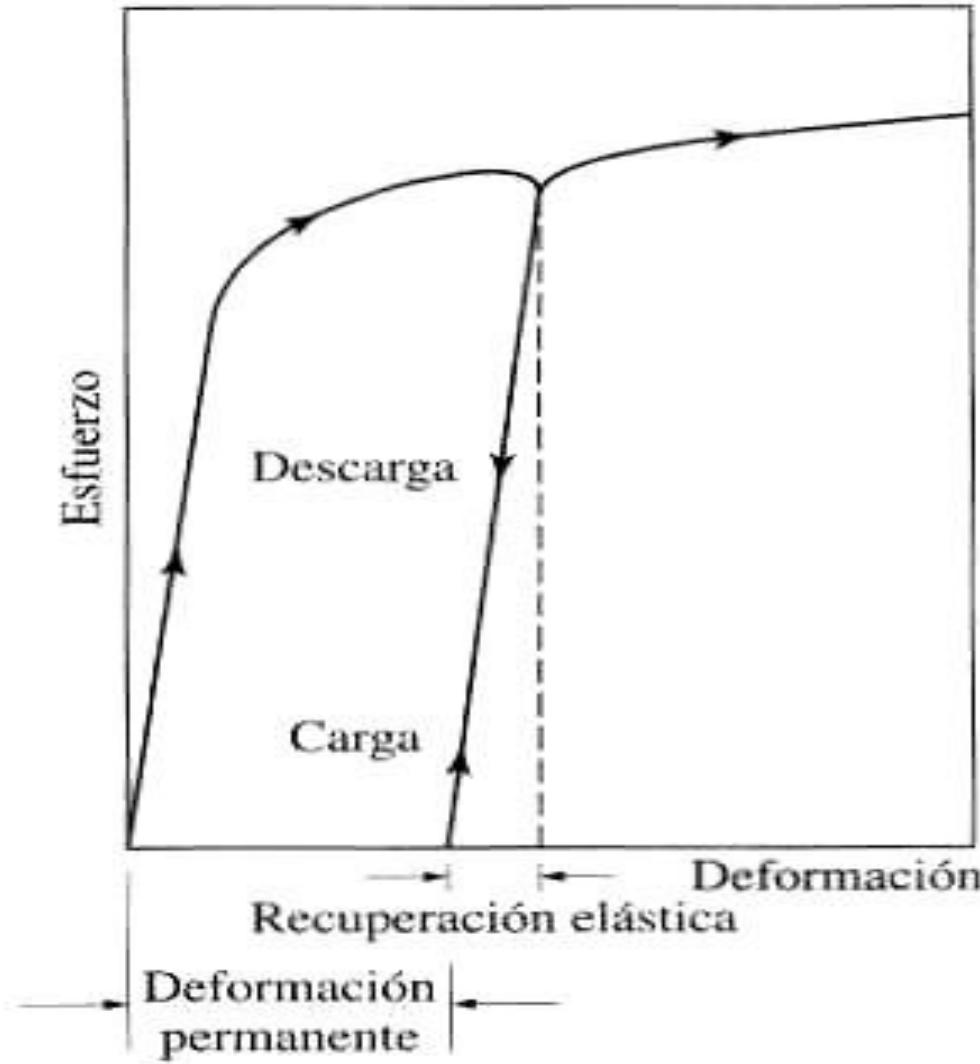
Descomposición aditiva

Ej: Probeta de Goma



Deformación Plástica:

No desaparece al anular la causa que la produjo



Constantes elásticas

Caracterizan al material

Módulo de elasticidad longitudinal

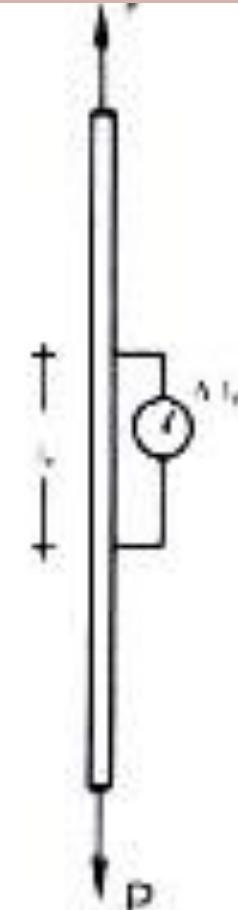
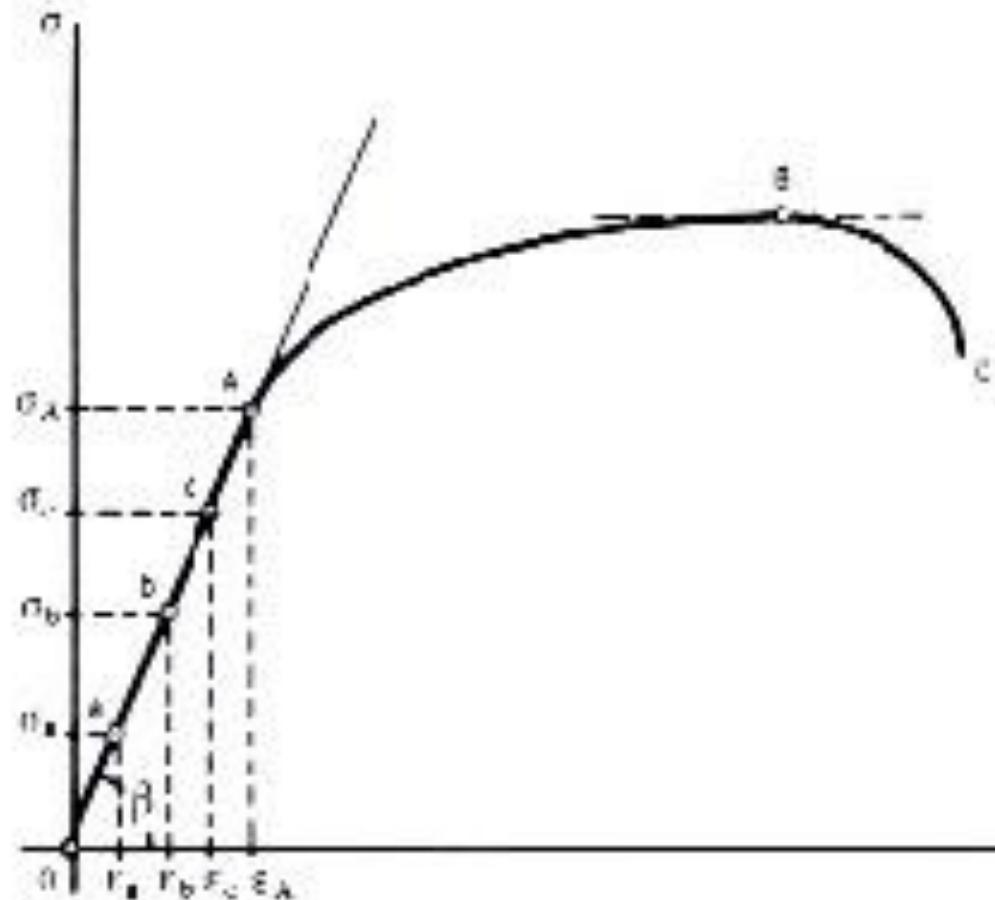
Módulo de elasticidad transversal

Coeficiente de Poisson

Módulo volumétrico



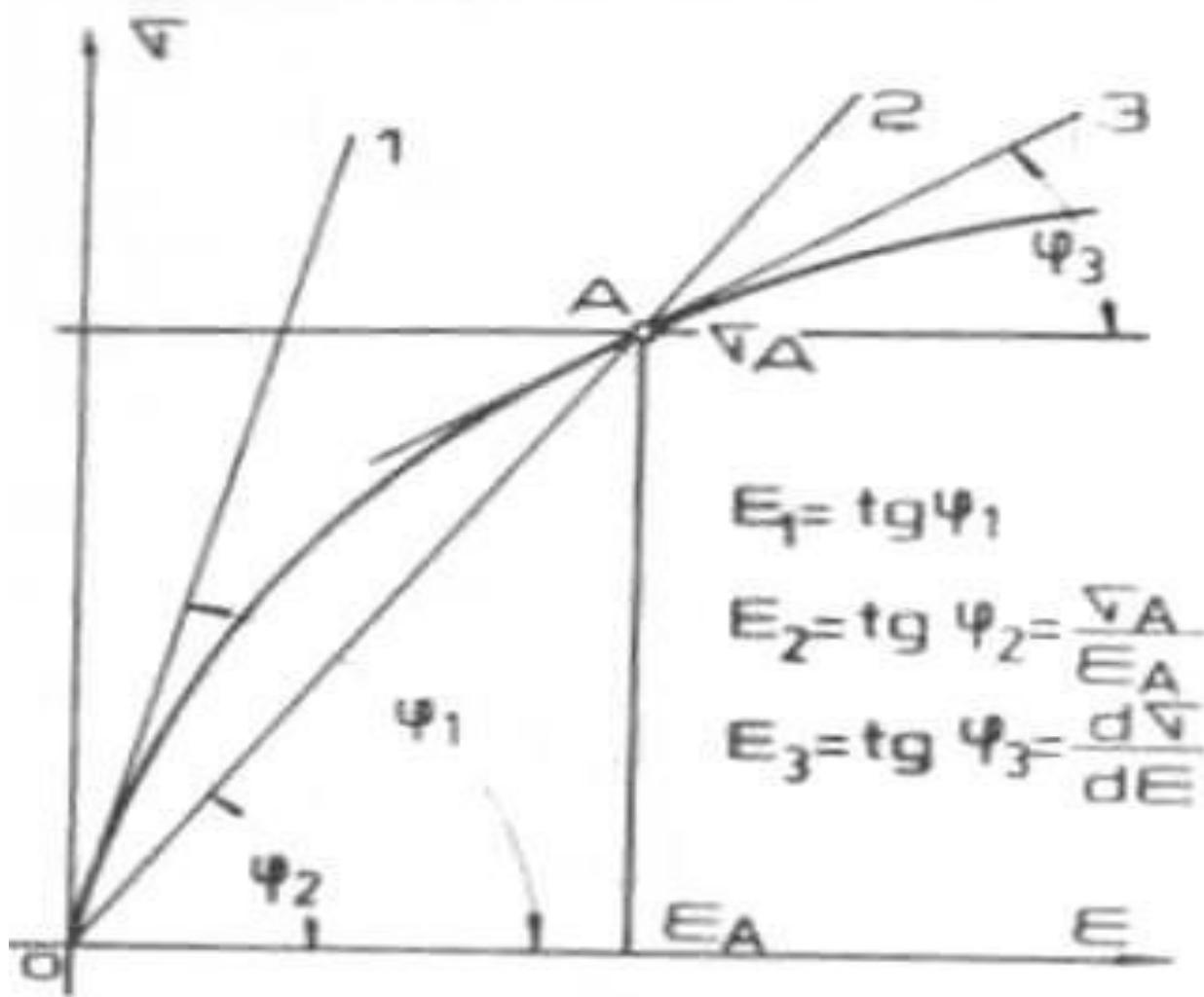
Constantes elásticas: Módulo de elasticidad longitudinal



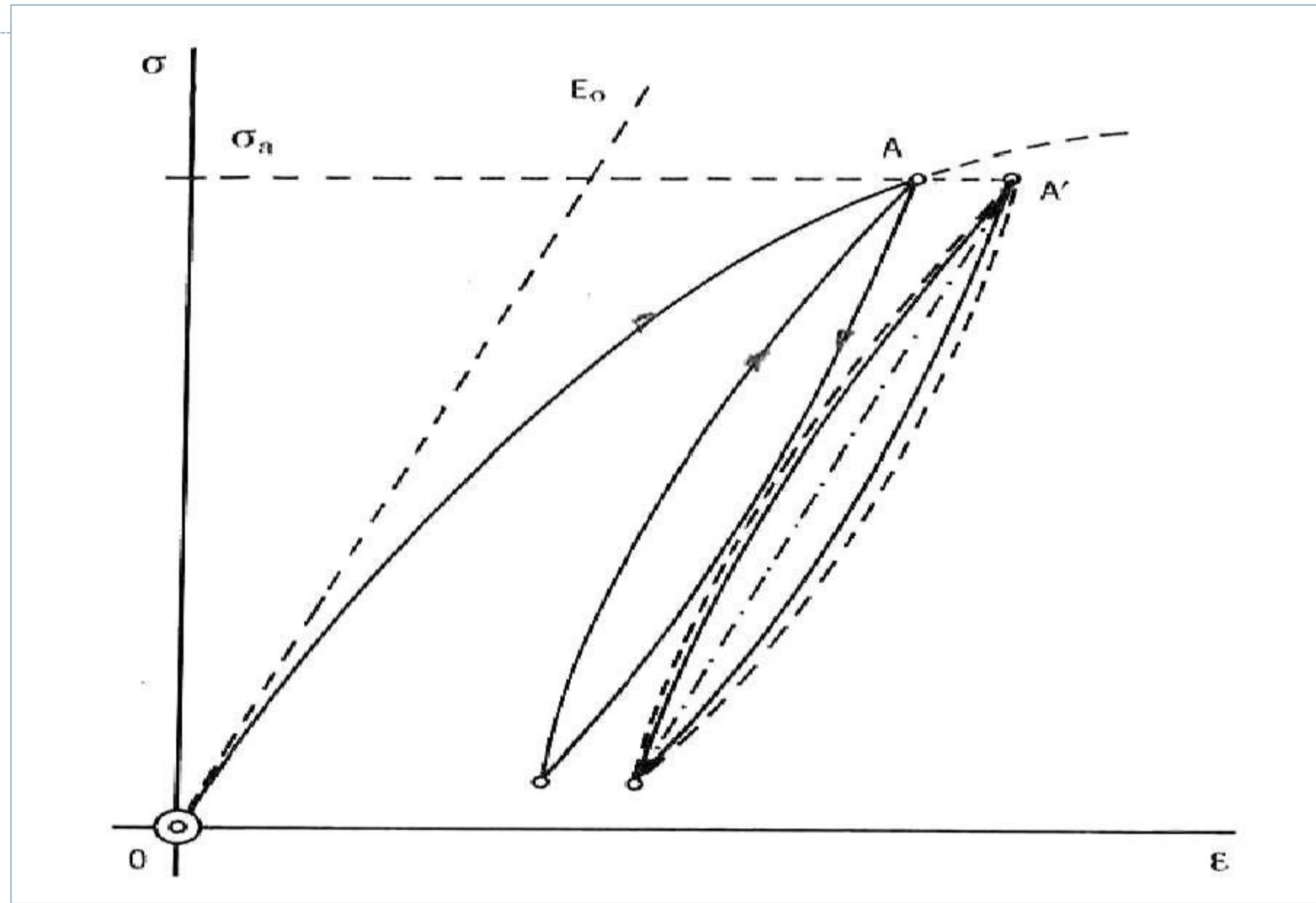
$$\frac{\sigma_A}{\varepsilon_A} = \frac{\sigma_B}{\varepsilon_B} = \frac{\sigma_C}{\varepsilon_C} = cte = \frac{\sigma_A}{\varepsilon_A} = E = \tan \varphi$$



Constantes elásticas: Módulo de elasticidad longitudinal



Constantes elásticas: Módulo de elasticidad longitudinal



Constantes elásticas: Módulo de elasticidad transversal

$$G = \tau / \gamma$$

γ : deformación angular unitaria

Constantes elásticas: Módulo de Poisson

$$\mu = -\varepsilon_{tr} / \varepsilon_{ax}$$

$$\varepsilon_{tr} = (d_0 - d) / d_0$$

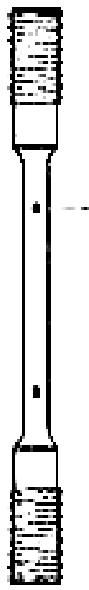
$$G = E / (2 * (1 + \mu))$$

Constantes elásticas: Módulo volumétrico de elasticidad

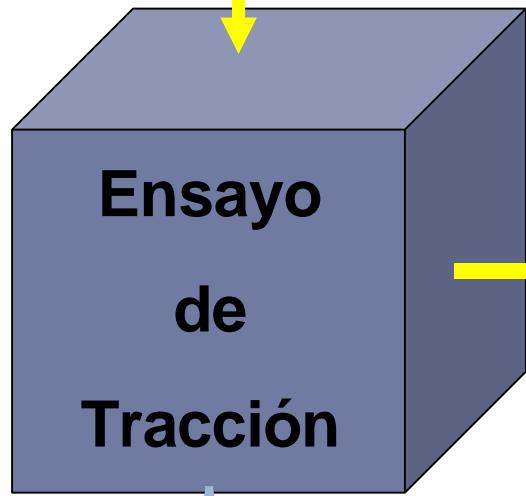
$$K = \sigma_m / \Delta V = -P / \Delta V$$

$$K = E / (3 * (1 - 2 * \mu))$$





Probeta
Normalizada



Propiedades
Mecánicas

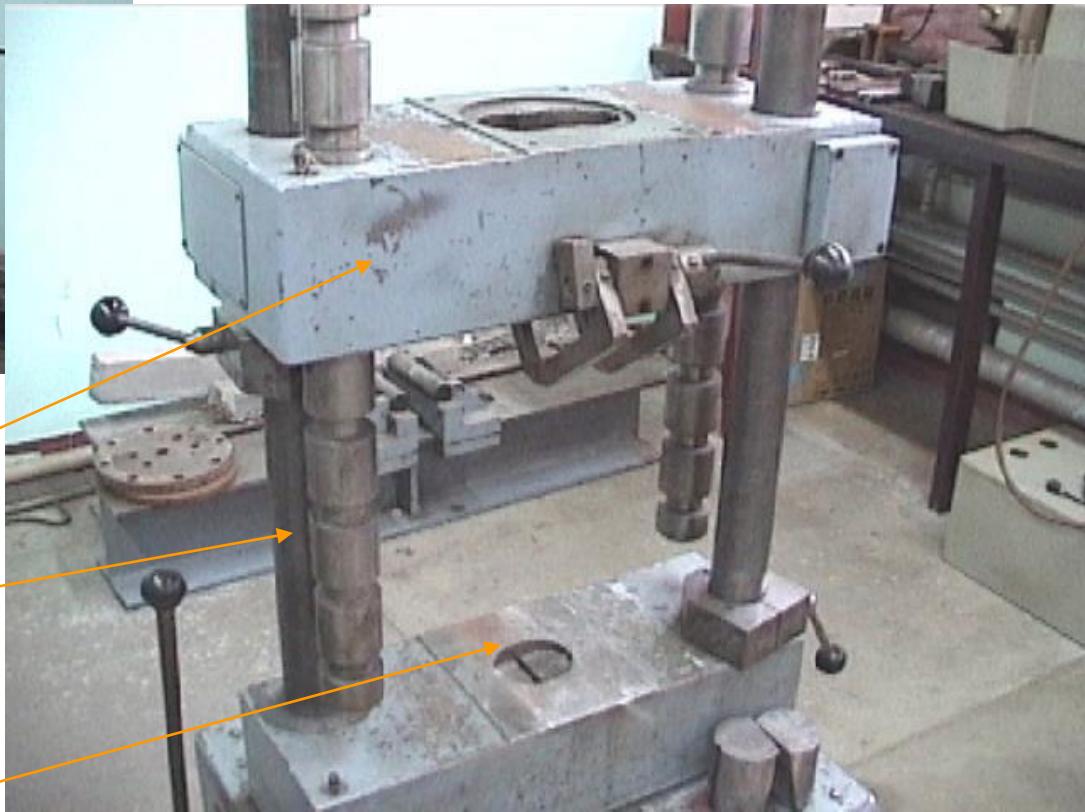
- Elasticidad
- Plasticidad
- Ductilidad
- Tenacidad
- Fragilidad
- Rigidez

Modulo Elástico

Tensión de Rotura

Tensión de Fluencia

Máquina Universal de Ensayos



Mesa Móvil

Columna Fija

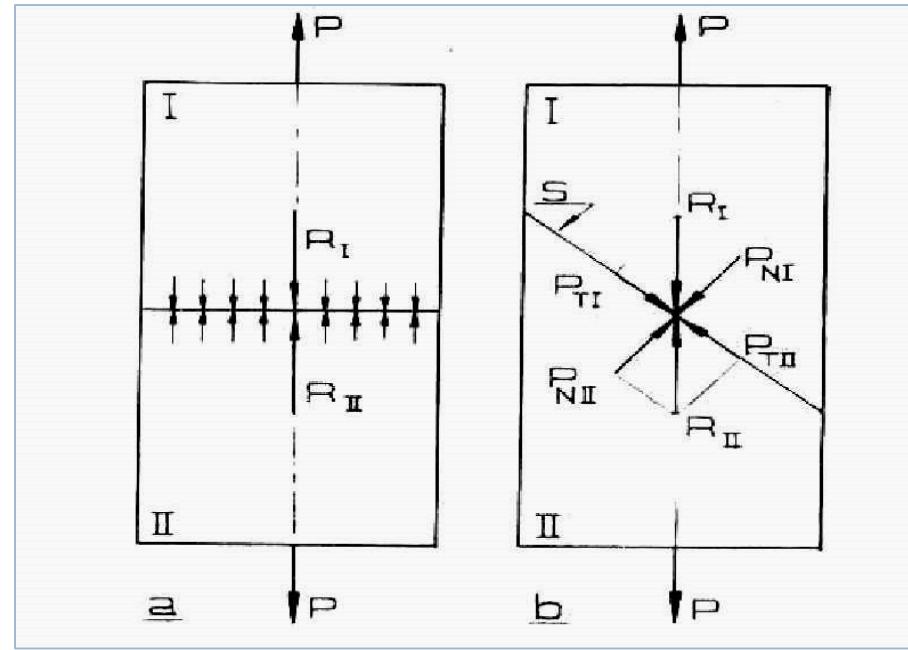
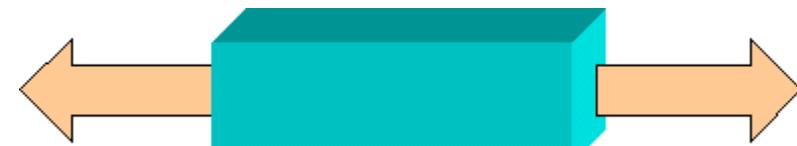
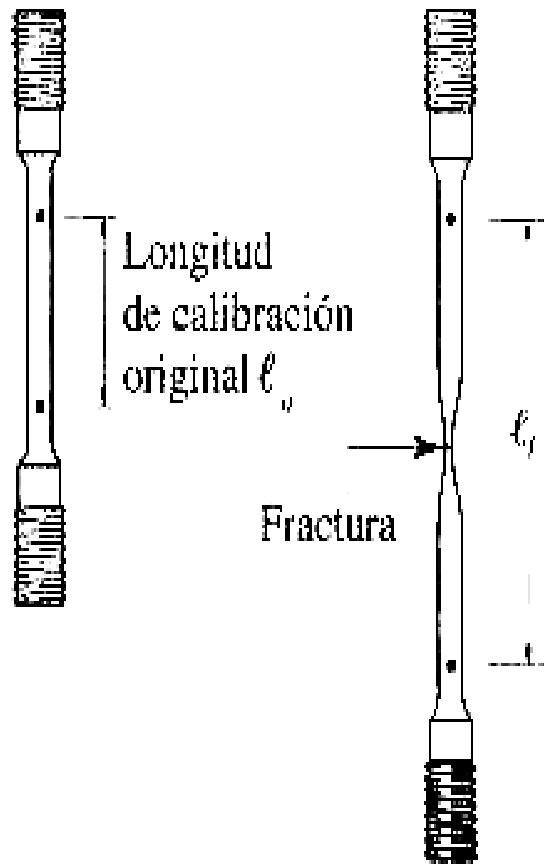
Cabezal Inferior



➤ Esfuerzos en Tracción Simple

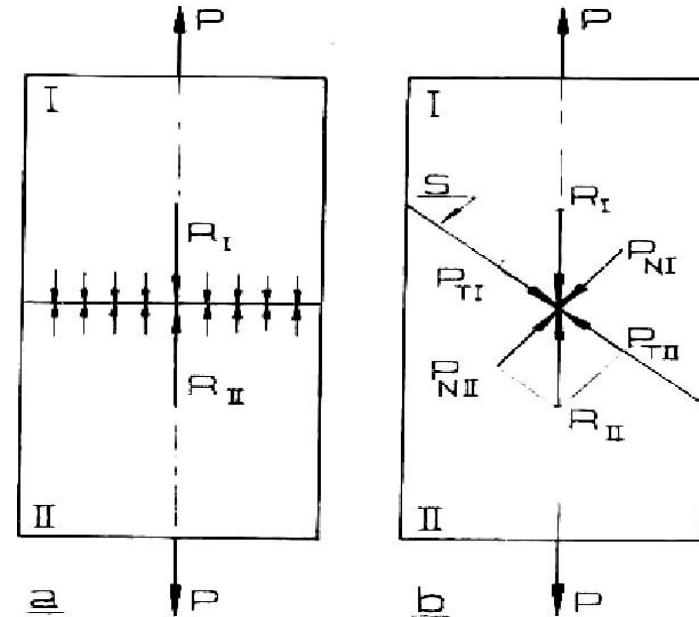
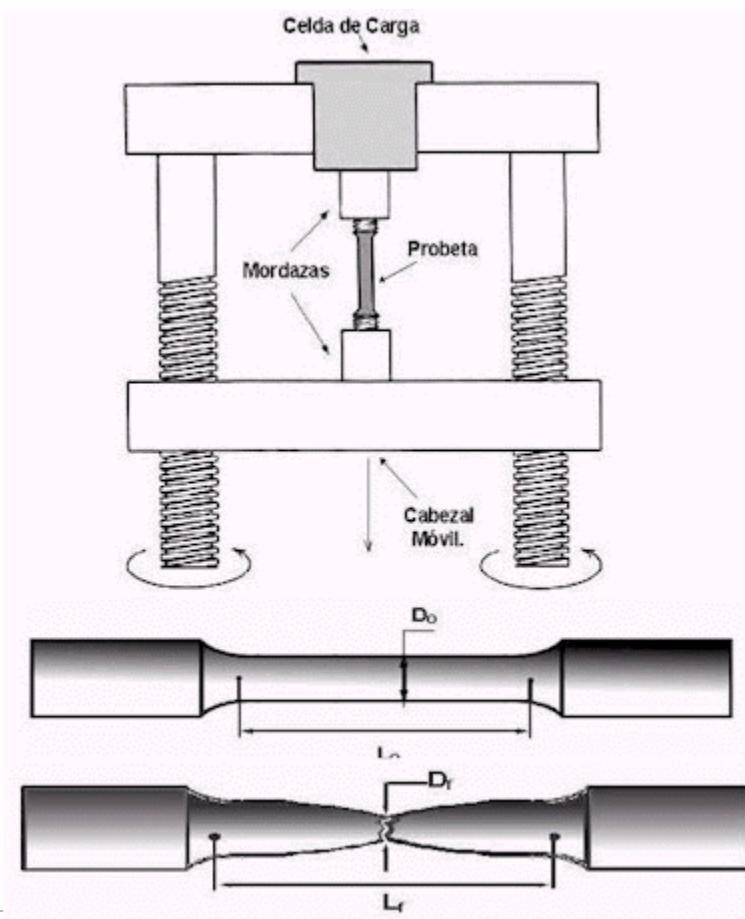
✓ Utilizado para determinar propiedades mecánicas para diseño.

(a)

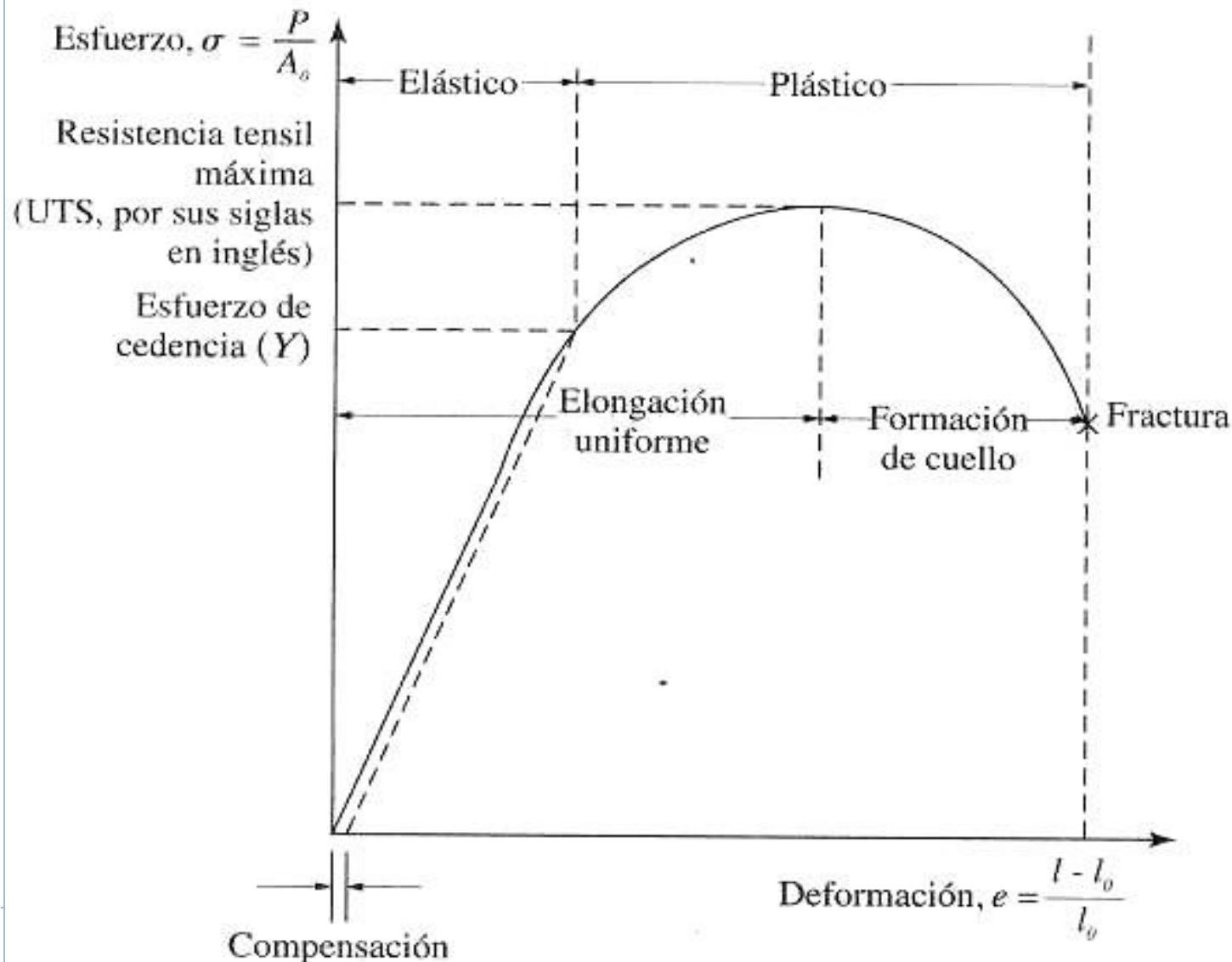


Esfuerzos en Tracción Simple

Utilizado para determinar propiedades mecánicas para diseño.



Curva Esfuerzo-Deformación Típica



►Esfuerzo Normal

$$\sigma = \frac{P}{S_0}$$

P = esfuerzo normal

S₀ = área transversal

σ = tensión normal

►Deformación convencional

$$\varepsilon = \frac{(l - l_0)}{l_0}$$

l₀ = longitud de referencia
inicial

l = longitud final

►Módulo de Elasticidad longitudinal

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$



CÁLCULOS DE TRACCIÓN

$\sigma_{ET} = P_{máx} / S_0$ Resistencia estática a la tracción

$\sigma_{LE} = P_{LE} / S_0$ Tensión al límite elástico

$\sigma_F = P_F / S_0$ Tensión de fluencia

DELTA % = $(\Delta l / l_0) * 100$ Alargamiento de rotura

Coeficiente de estricción

$$\Phi \% = \frac{(S_0 - S)}{S_0} \times 100$$



Ductilidad

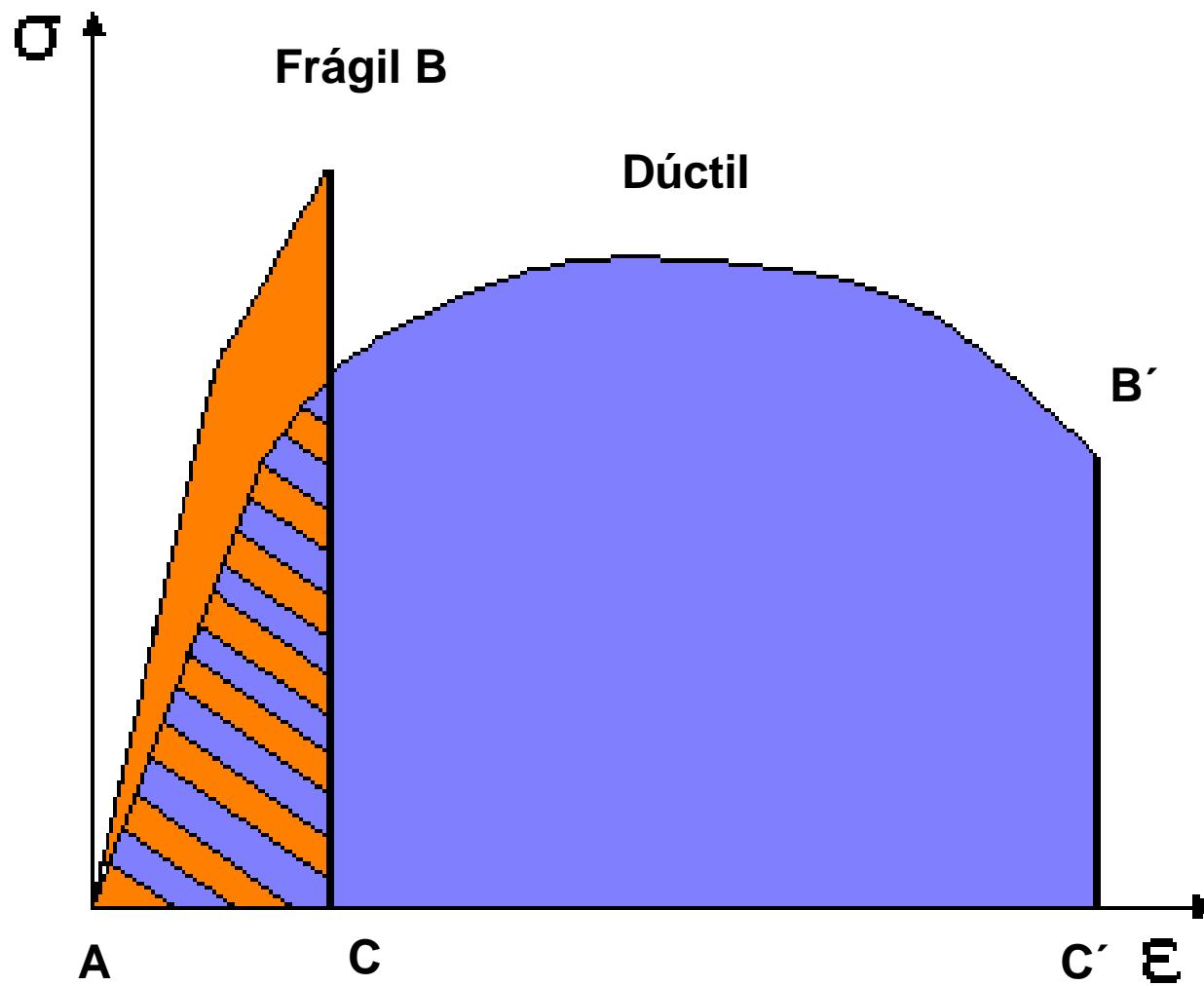
“Cantidad de deformación PLÁSTICA que sufre un material antes de su fractura.”

$$\text{Alargamiento de rotura} = \frac{(l_f - l_0)}{l_0} \times 100$$

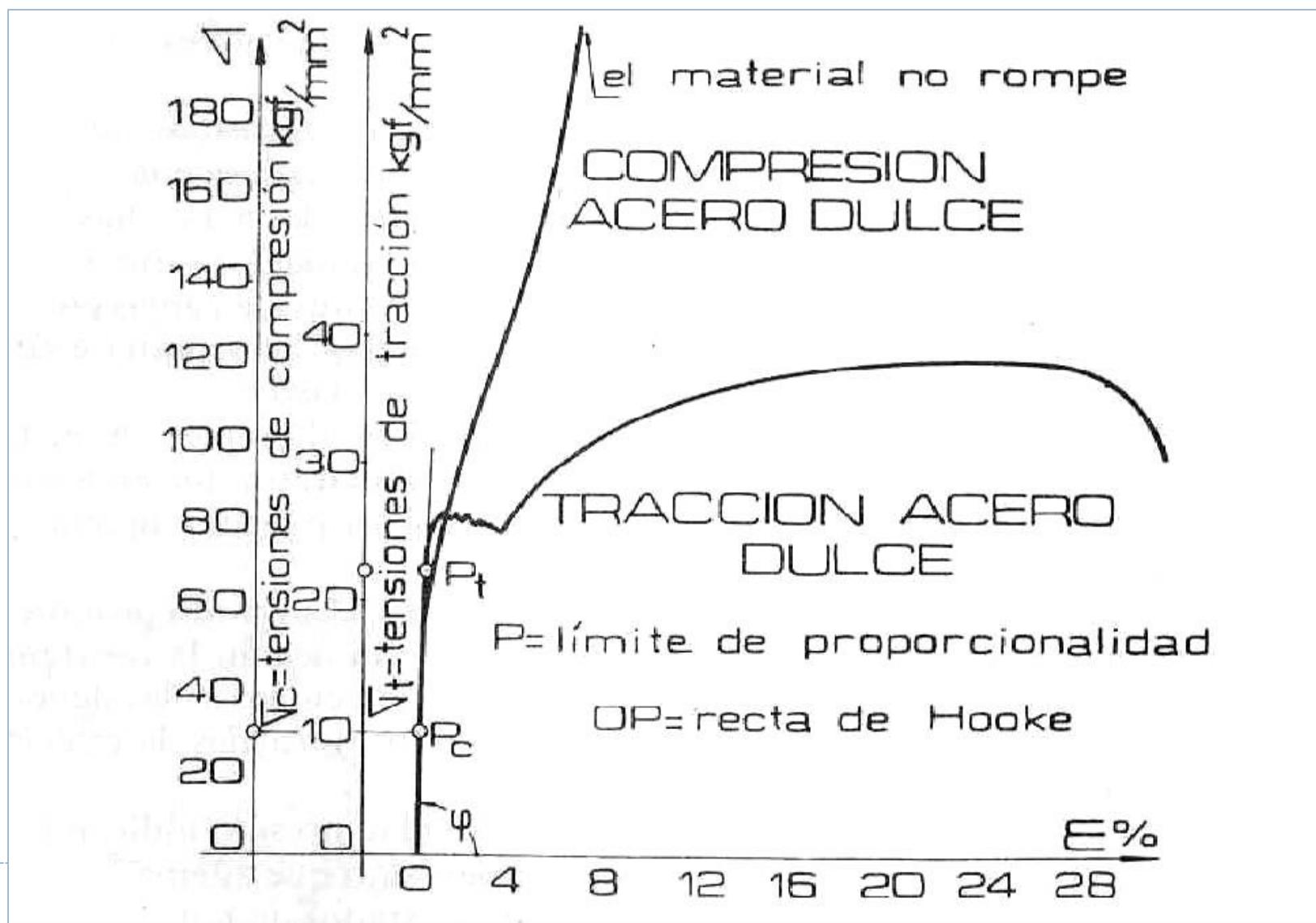
$$\text{Coefic.estricción} = \frac{(S_0 - S)}{S_0} \times 100$$



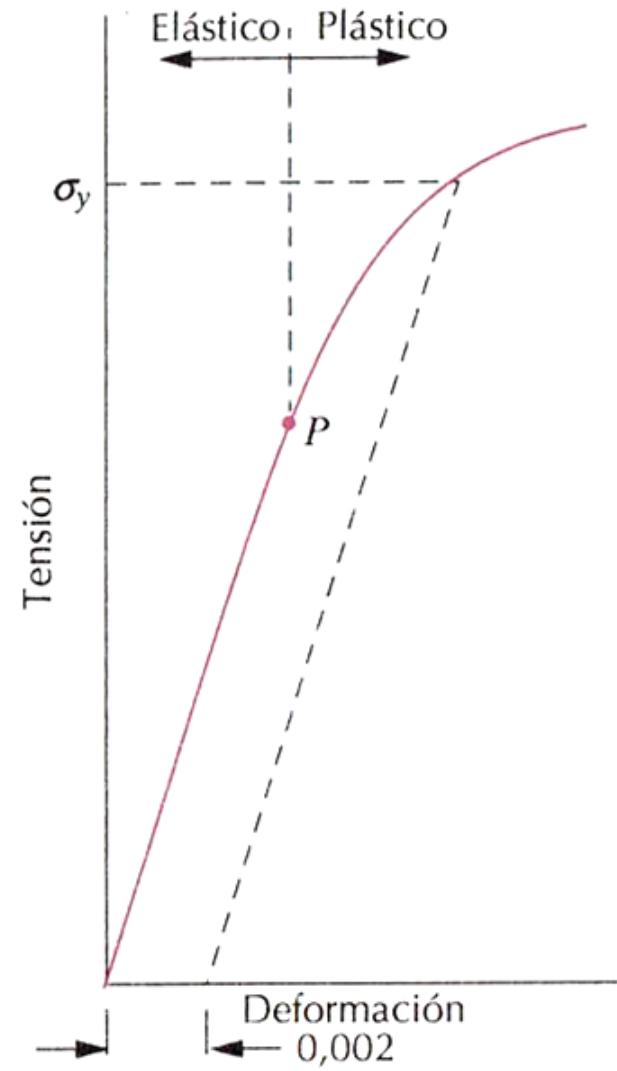
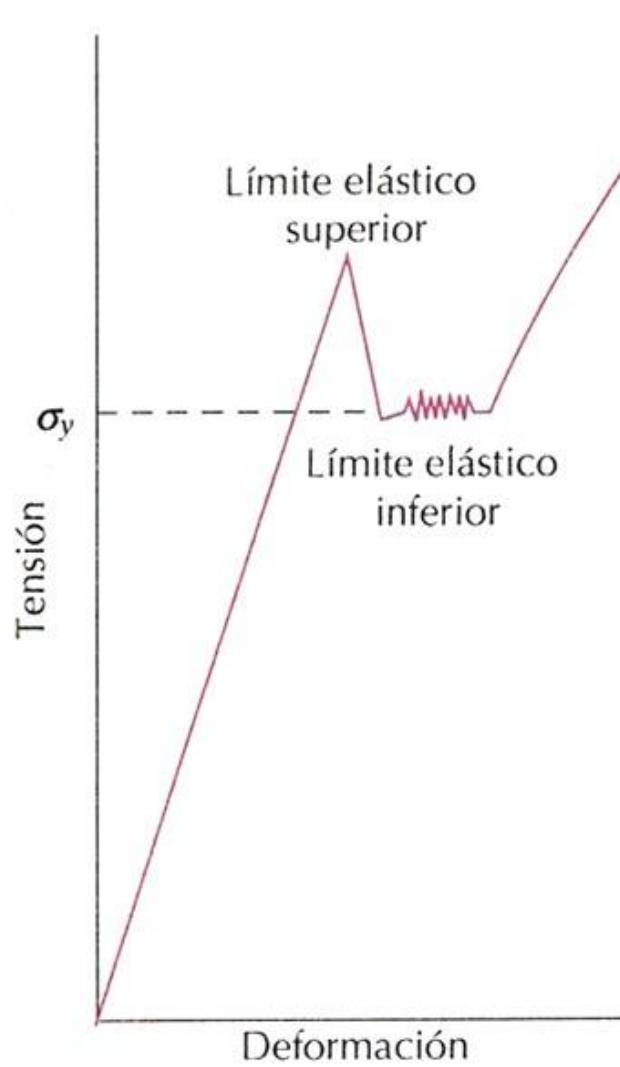
Ductilidad



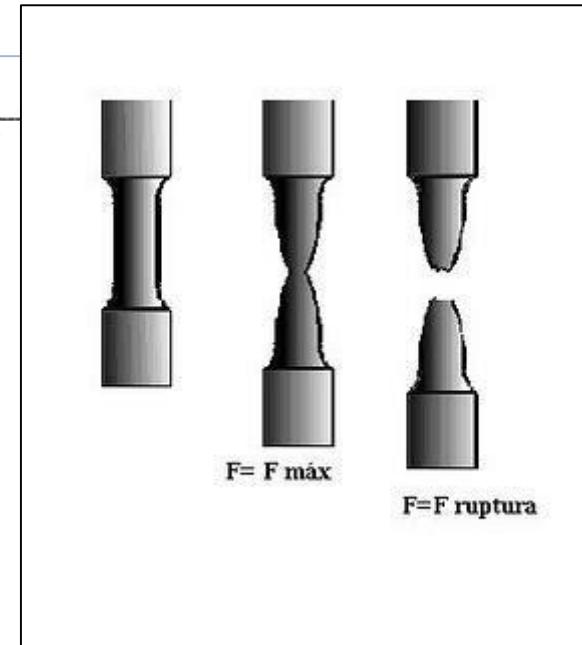
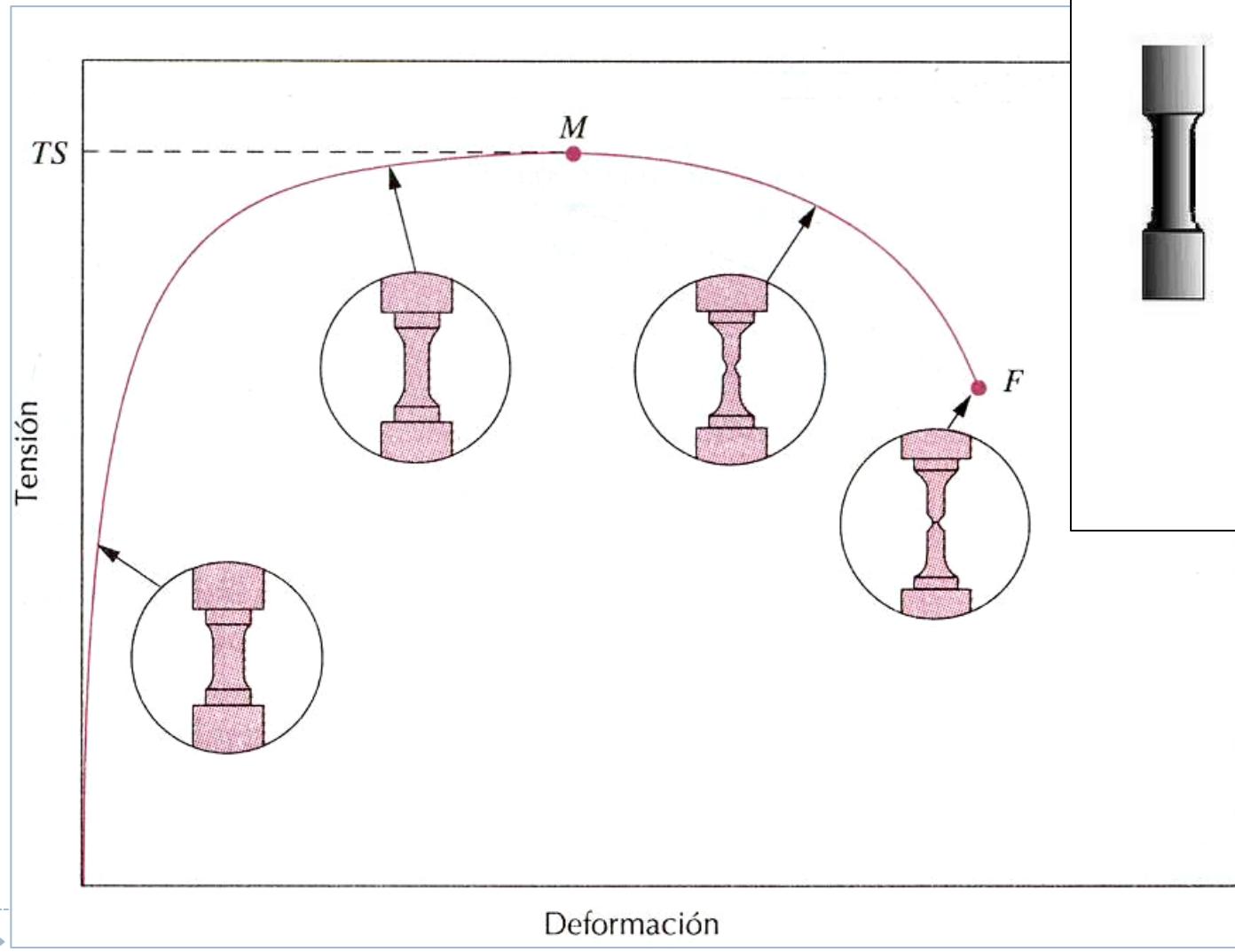
Comparación Diagrama Esfuerzo-Deformación para Ensayo de Tracción y Compresión



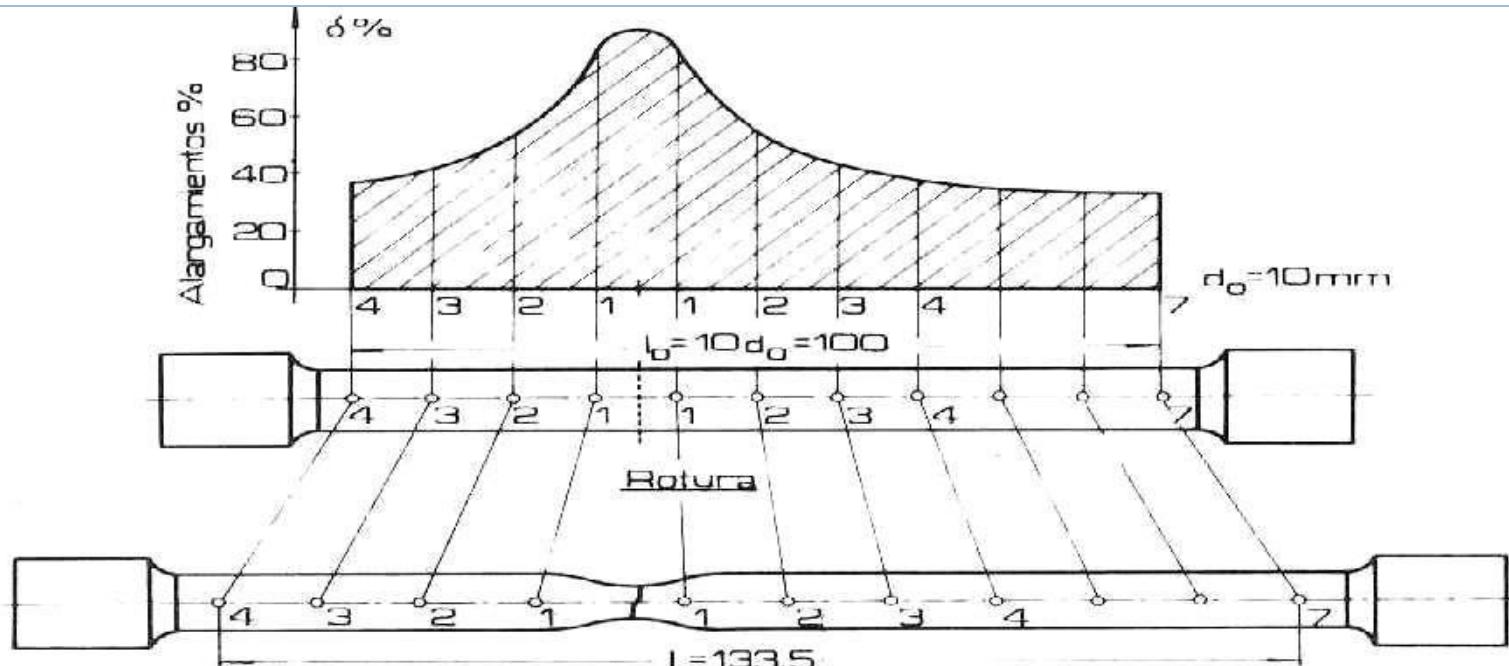
Límite Convencional



Evolución de la Probeta en el Diagrama Tensión-Deformación durante el Ensayo de Tracción



Variación del Alargamiento de rotura con Longitud Inicial



ACERO : SAE 1010

Puntos	Antes del ensayo l_0 (mm)	Después de la rotura l (mm)	Alargamiento de rotura % $d\% = \frac{l - l_0}{l_0} 100$
1 - 1	10	18,3	83
2 - 2	30	45,6	52
3 - 3	$5d_0 = 50$	70,9	41,8
4 - 4	70	96,2	37,4
4 - 7	$10 d_0 = 100$	133,5	33,5

Ley de semejanza

$$\Delta l_t = \Delta l_e + \Delta l_n$$

$$\Delta l_e = k_1 \sqrt{S_0}$$

$$\Delta l_n = k_2 l_0$$

$$\Delta l_t = k_1 \sqrt{S_0} + k_2 l_0$$

Si dividimos por l_0

$$\epsilon = k_1 \sqrt{S_0} / l_0 + k_2$$

Para un mismo material y distintas probetas:

$$\epsilon_1 = \epsilon_2$$

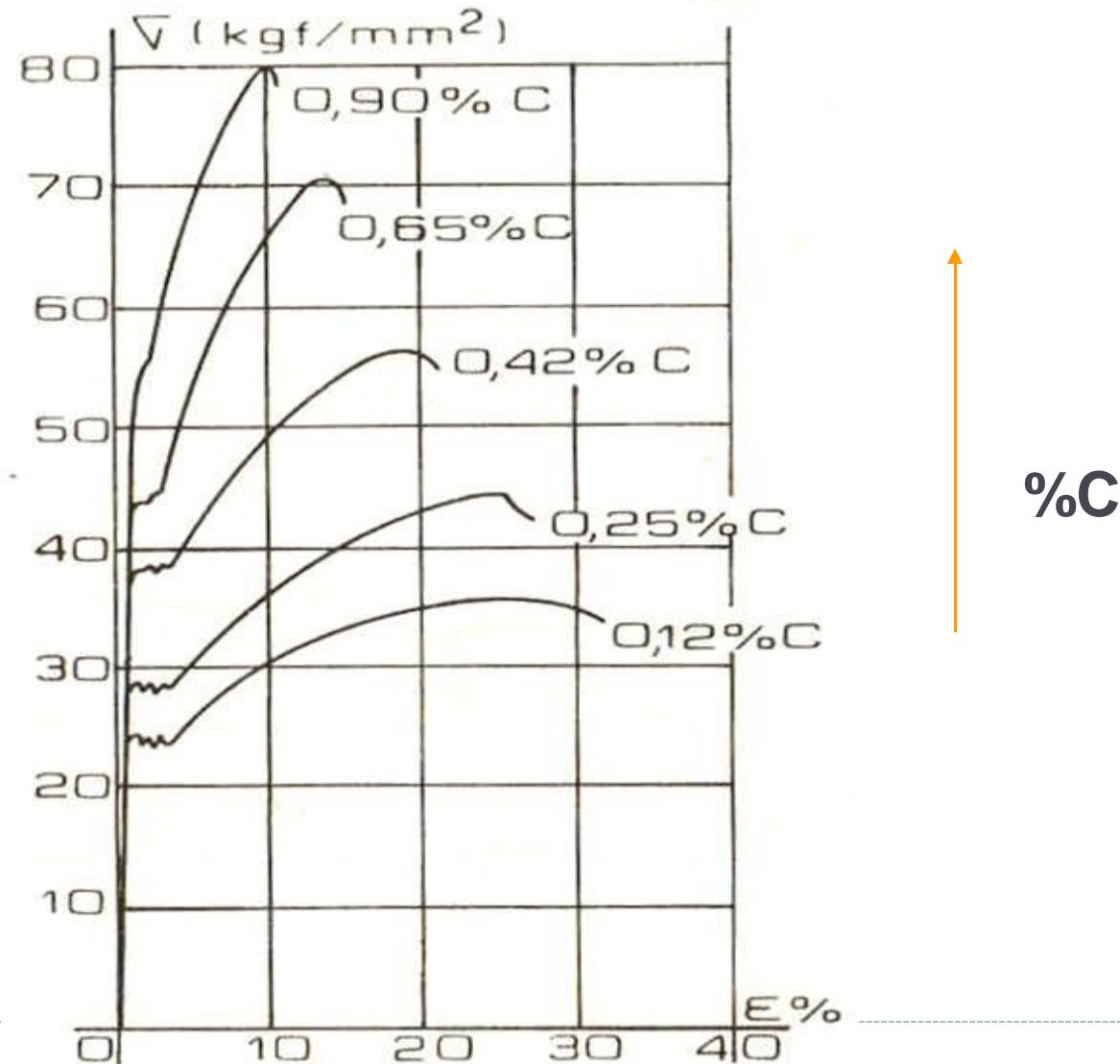
$$\sqrt{S_0} / l_0 = k$$

Según valor de k , las probetas pueden ser cortas o largas.

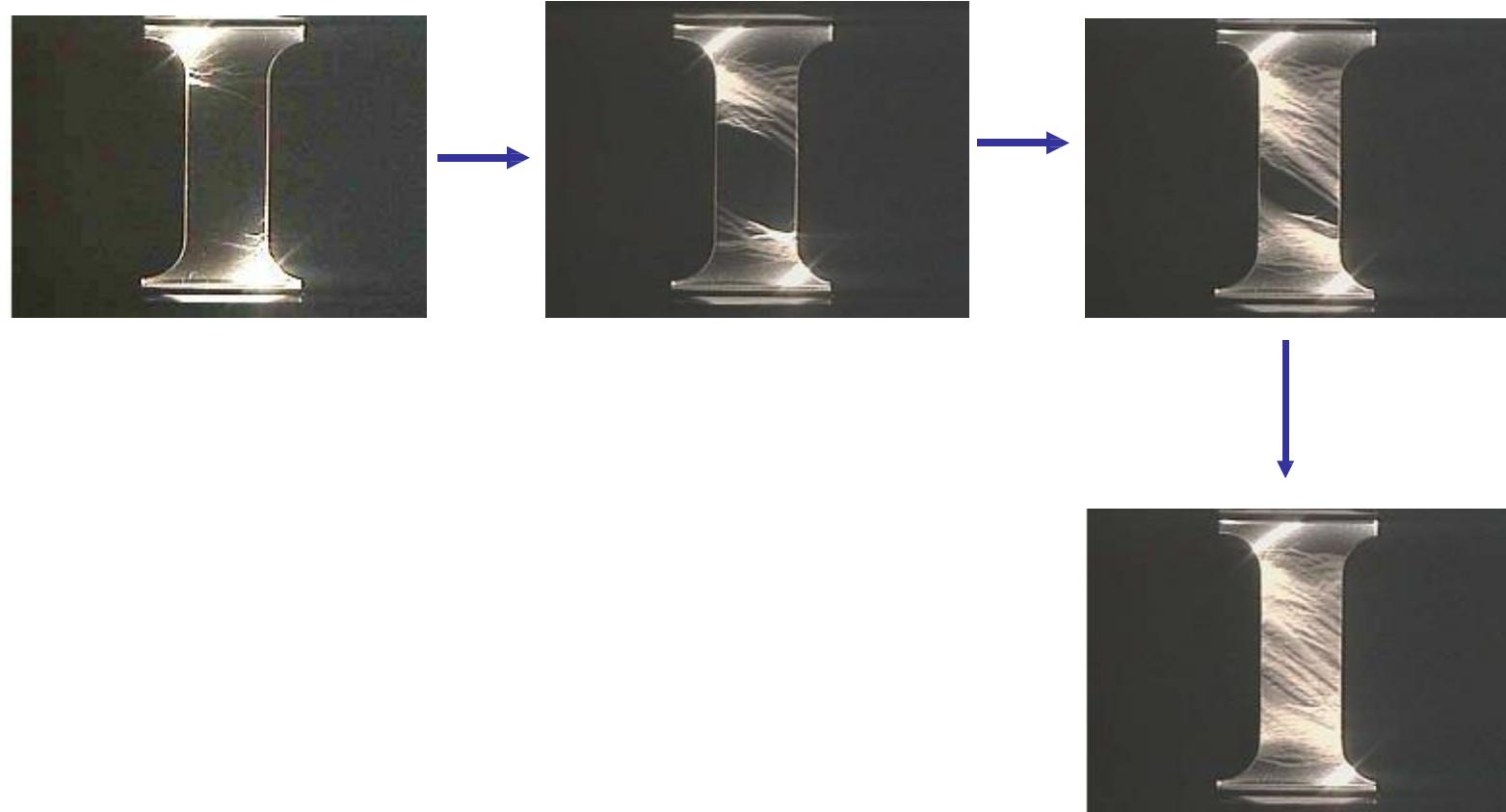
Equivalencia entre normas.



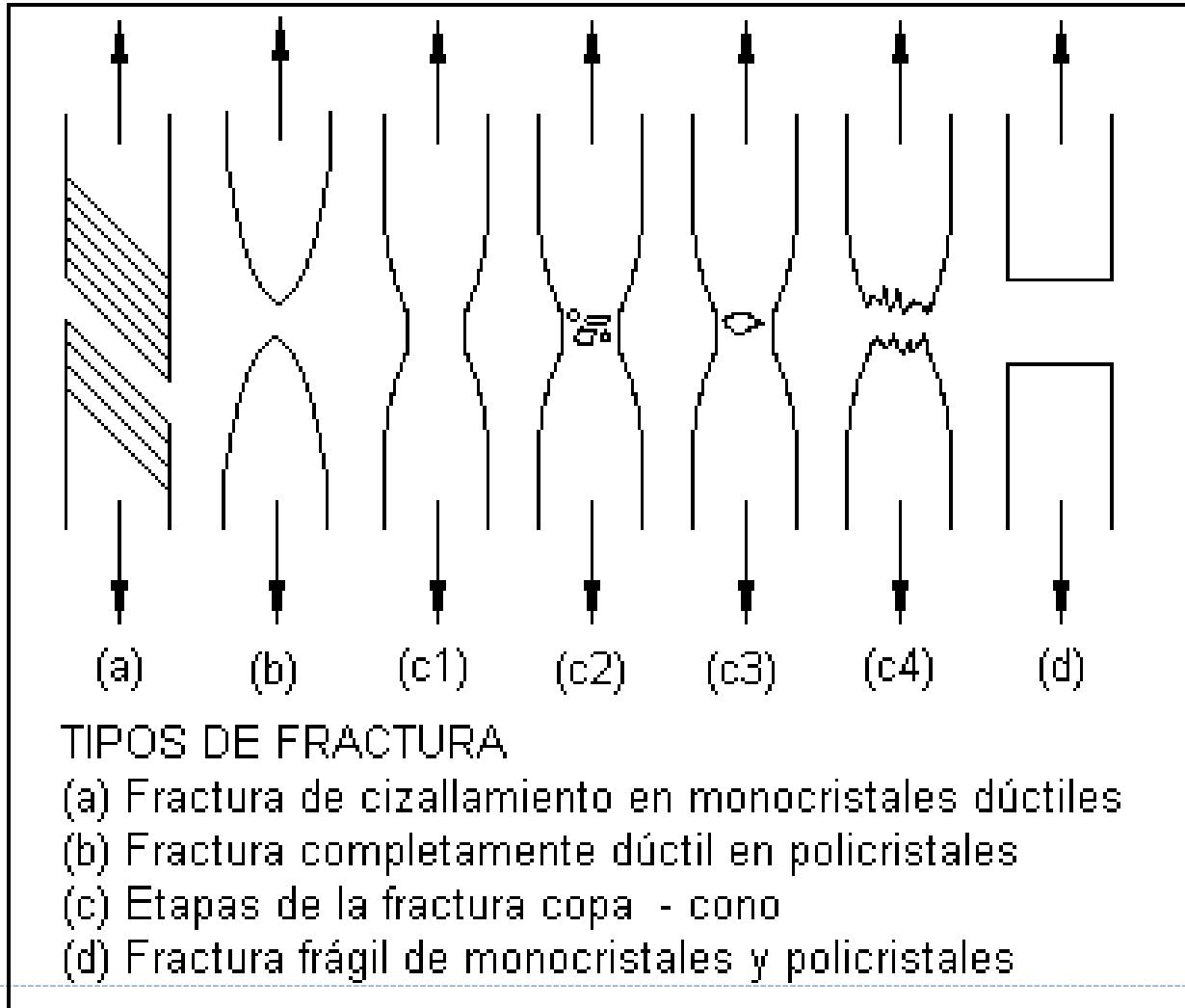
Diagramas de Tracción para distintos Aceros al Carbono



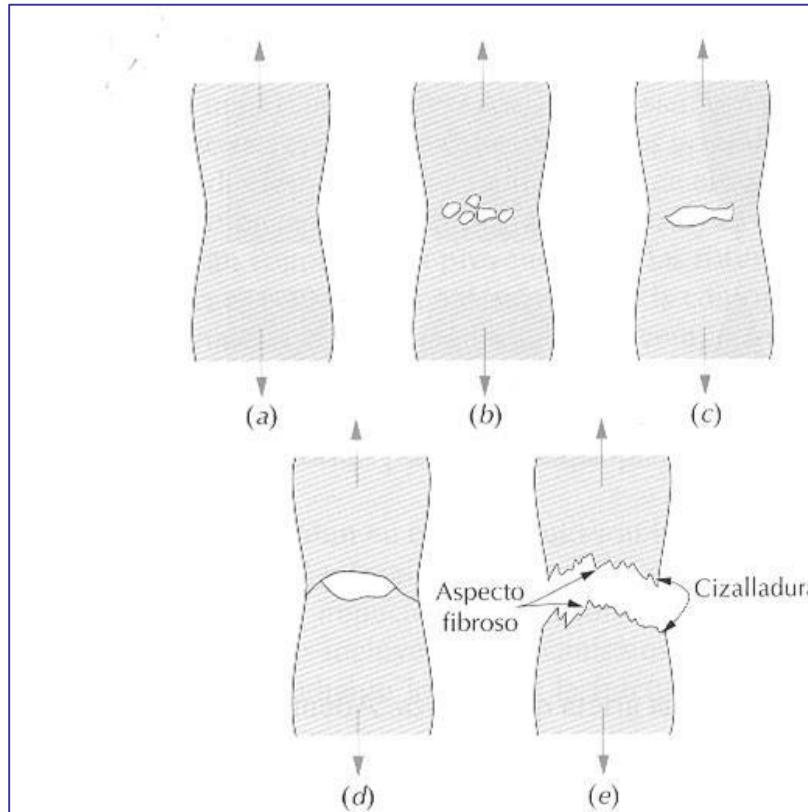
Líneas de Lüder



Fracturas



Etapas en la fractura copa-cono



- a. Estricción inicial
- b. Formación de pequeñas cavidades
- c. La colescencia de cavidades forma una grieta
- d. Propagación de la grieta
- e. Fractura final por cizallamiento a un ángulo de 45º respecto a la dirección de la tensión.

Fuente: Callister, p.196

Esfuerzo Real y Deformación Real

Esfuerzo Real: Relación de la carga P al área transversal real (instantánea).

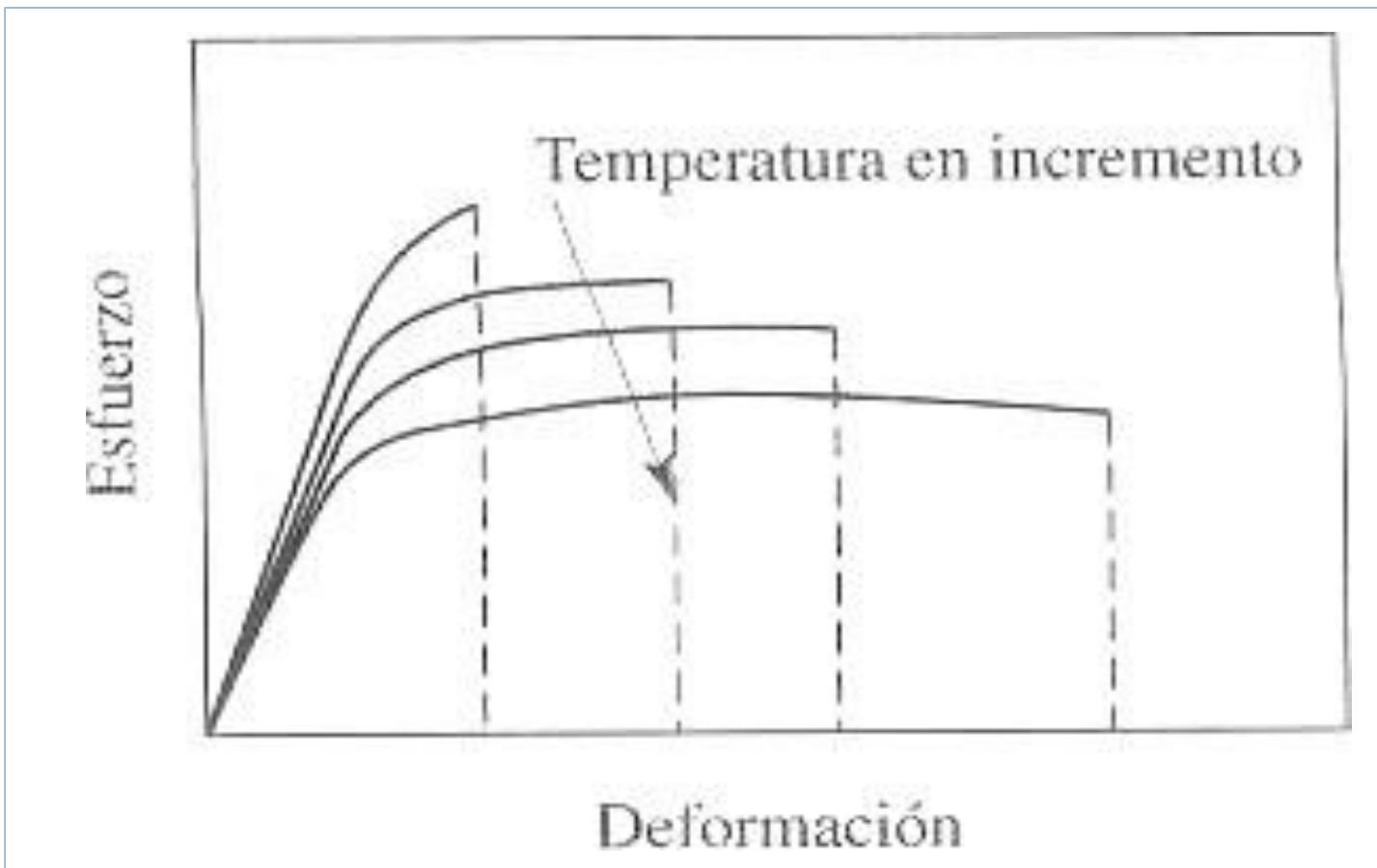
$$\text{Esfuerzo Real: } \sigma = \frac{P}{S}$$

$$\text{Deformación Real: } \varepsilon = \ln \left| \left(\frac{l}{l_0} \right) \right|$$



Efecto de la Temperatura

Efectos de la rapidez de deformación



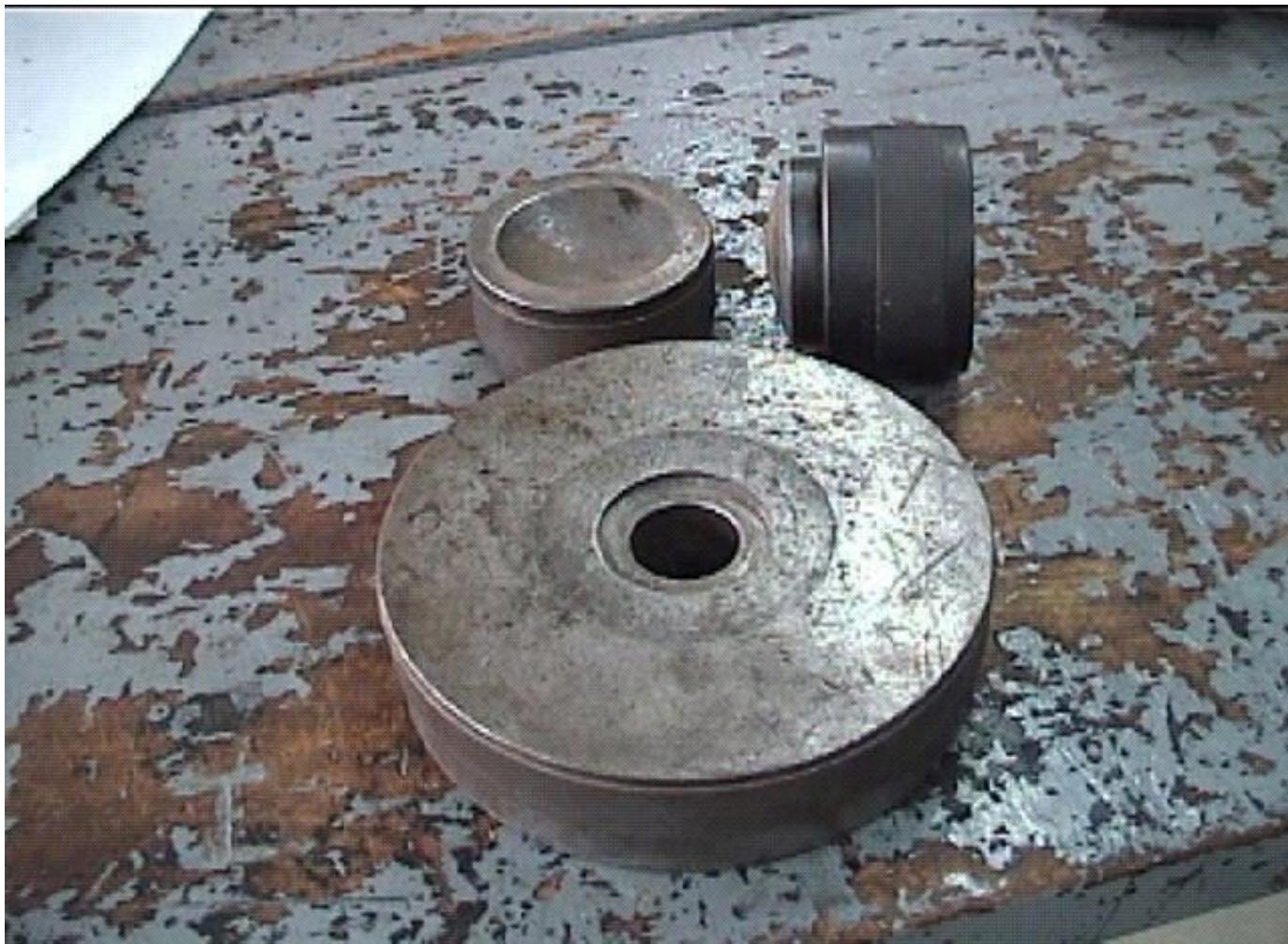
ENSAYO DE COMPRESIÓN



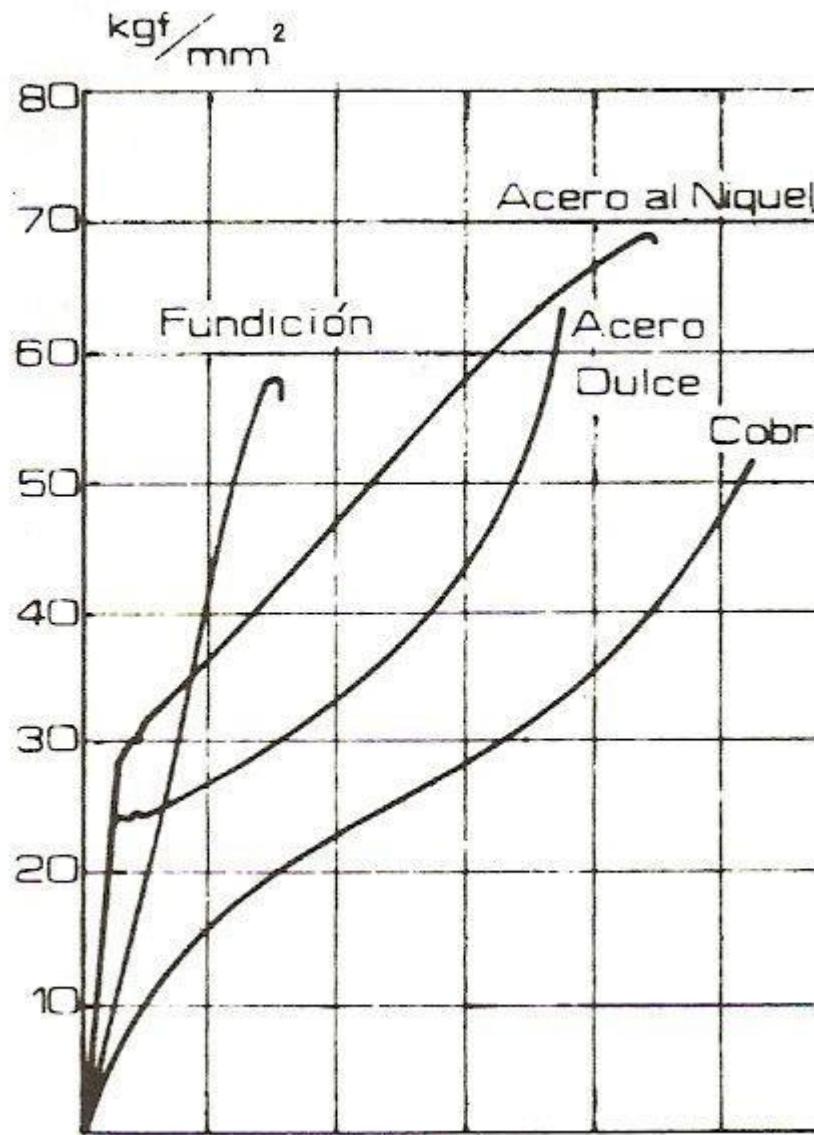
MAQUINA DE ENSAYO - ACCESORIOS



ACCESORIOS



Diagramas de Compresión



Probetas

Norma ASTM E9

Corta: $h=0,9D$

Mediana: $h=3D$

Larga: $h=(8 \text{ a } 10)D$

Utilización:

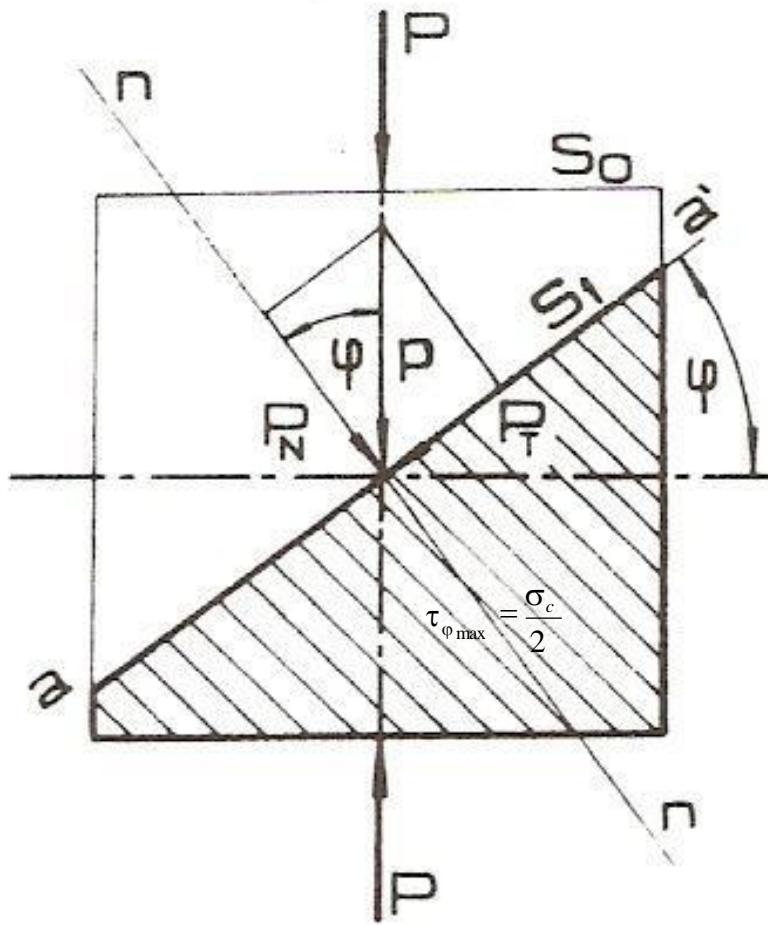
Cortas: para determinar la resistencia estática a la compresión en metales que soportaran cargas normales y en espesores reducidos.

Medianas: para uso general.

Largas: para definir el módulo de elasticidad.



Tensiones de rotura



$$\begin{aligned}\tau_\phi &= \frac{P_T}{S_1} = \frac{P \cdot \sin\varphi}{S_0 / \cos\varphi} = \\ &= \frac{P}{S_0} \cdot \sin\varphi \cdot \cos\varphi = \frac{\sigma_c}{2} \cdot \sin 2\varphi\end{aligned}$$

Máximo para $\Phi=45$

Determinaciones del Ensayo de Compresión

Resistencia Estática a la Compresión

$$\sigma_{EC} = \frac{P_{Max}}{S_0}$$

Tensión al límite de Proporcionalidad

$$\sigma_p = \frac{P_p}{S_0}$$

Tensión al límite de Aplastamiento

$$\sigma_f = \frac{P_f}{S_0}$$

Acortamiento de rotura

$$\delta \% = \frac{h_0 - h}{h_0} \cdot 100$$

Ensanchamiento Transversal o Recalcadura

$$\varphi \% = \frac{S - S_0}{S_0} \cdot 100$$

