
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:

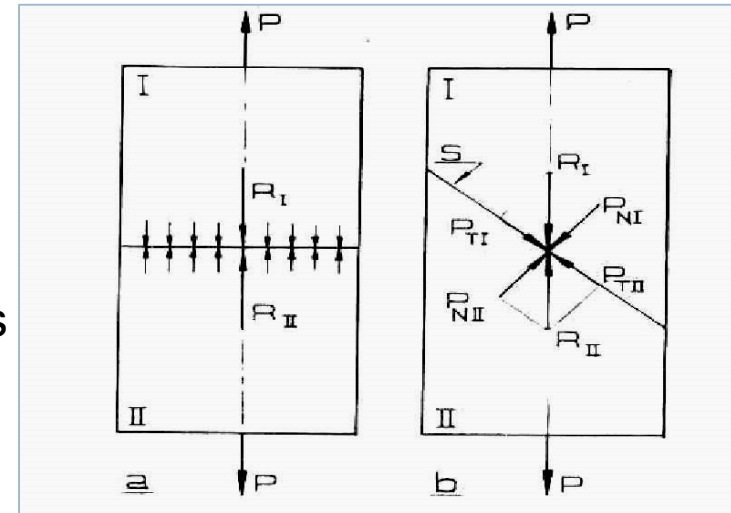
Mecánica de sólidos

Reacciones contrarrestan fuerzas externas

Métodos:

Analíticos

Experimentales



Esfuerzo:

Actúan fuerzas exteriores:

Rompen equilibrio interno del sólido

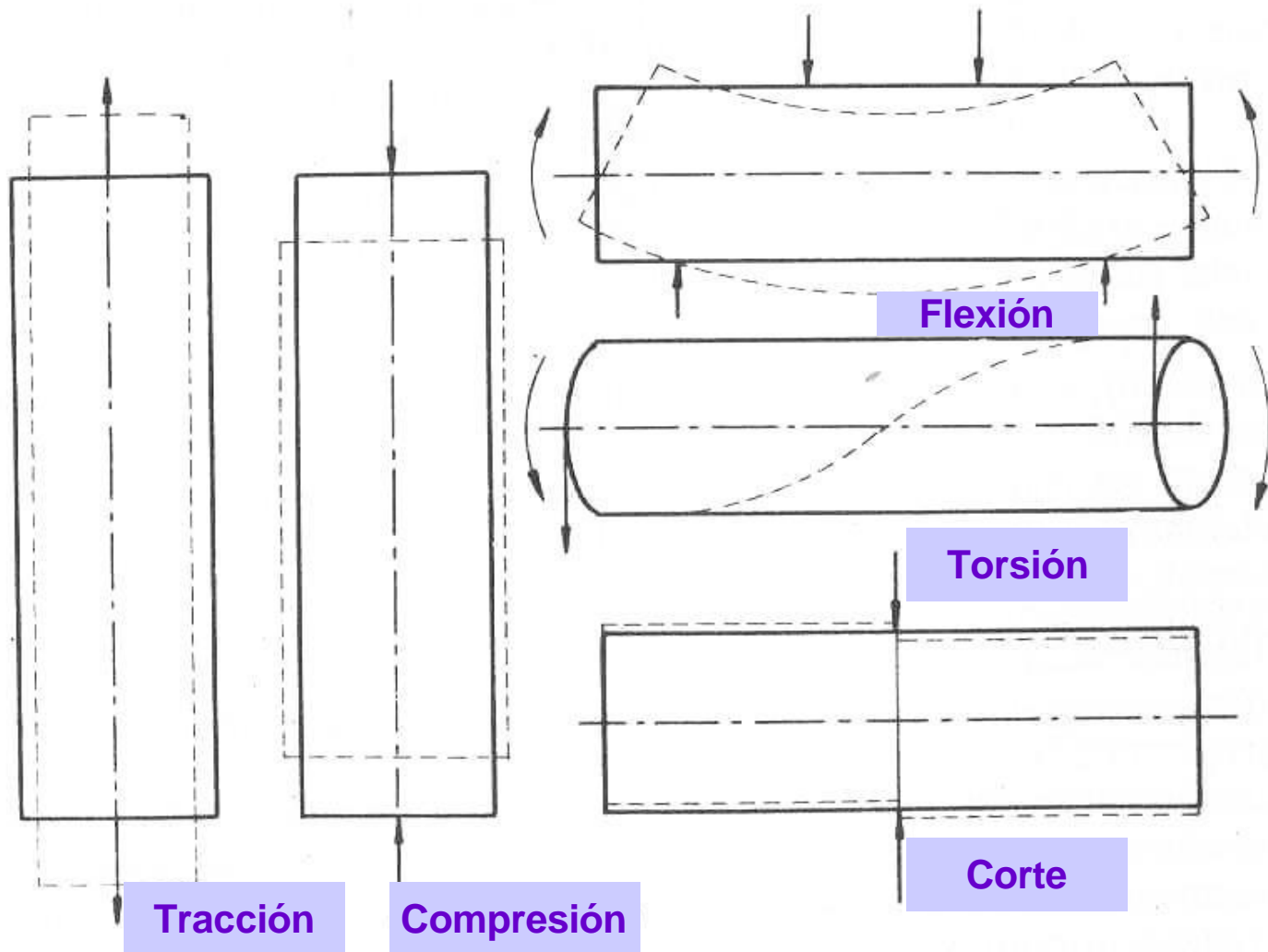
Atracción/repulsión de átomos:

Fuerzas internas

P_N (valor crítico, decohesión, fractura)

P_T (deslizamiento, fractura)

Esfuerzos Simples

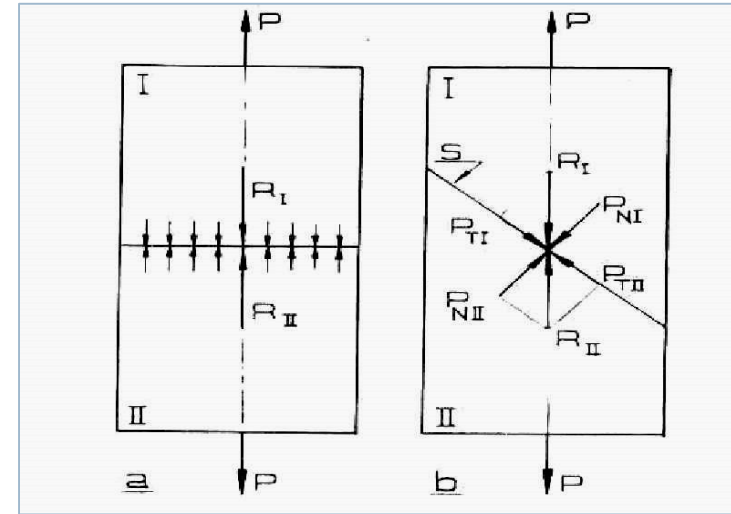


Esfuerzos Simples

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:

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

Materiales dúctiles:

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



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

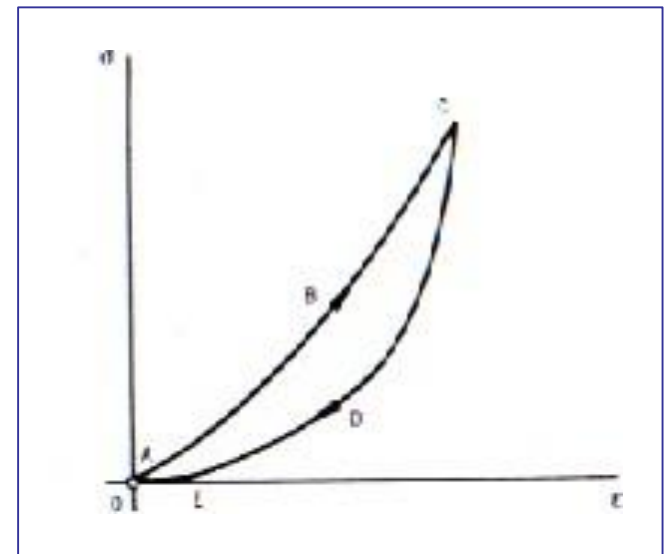
Deformación elástica retardada

Descomposición aditiva

Ej: Probeta de Goma

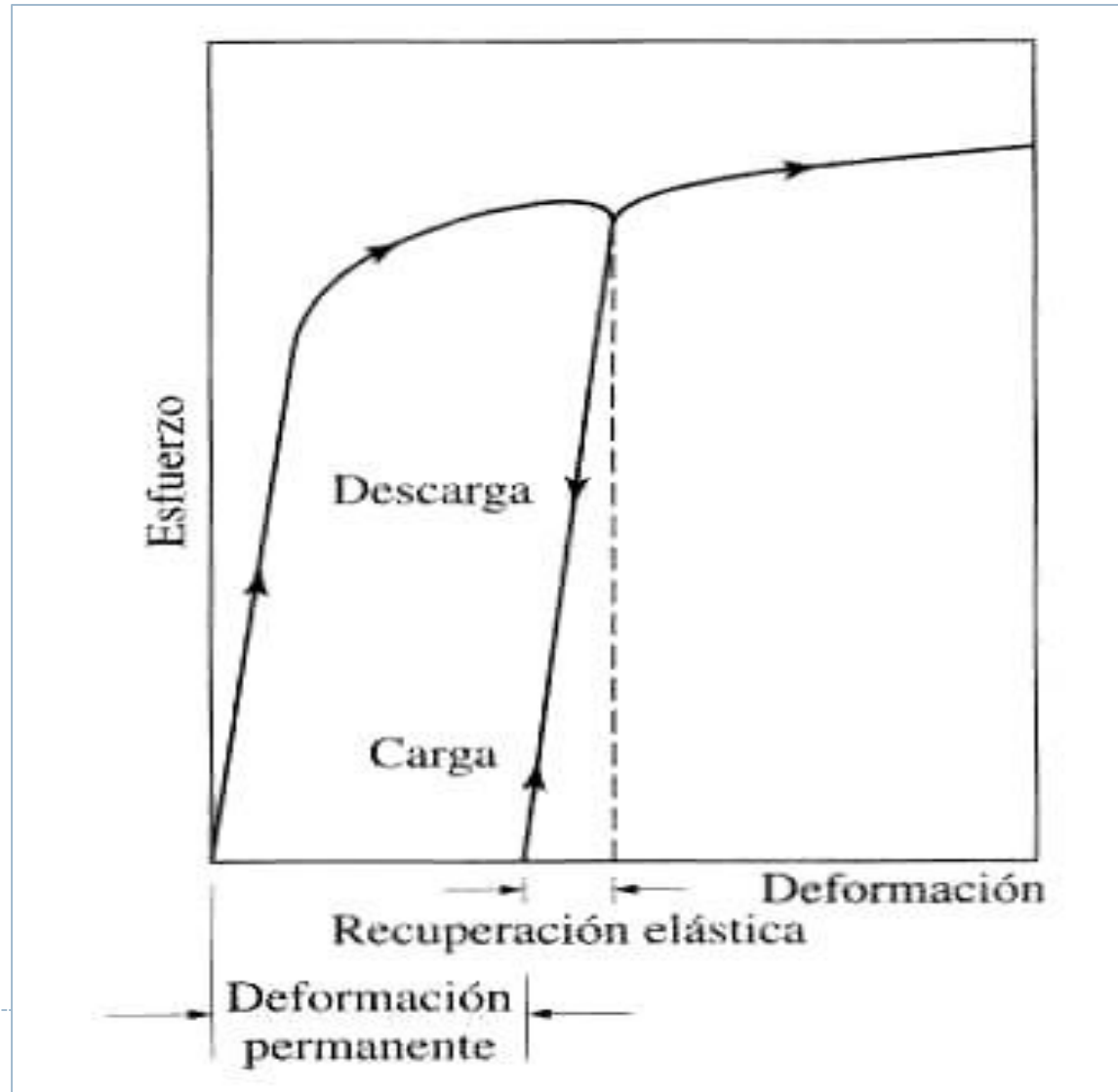
Deformación Plástica:

Descomposición aditiva



Deformación Plástica:

No desaparece al anular la causa que la produjo



Constantes elásticas

Caracterizan al material

Módulo de elasticidad longitudinal

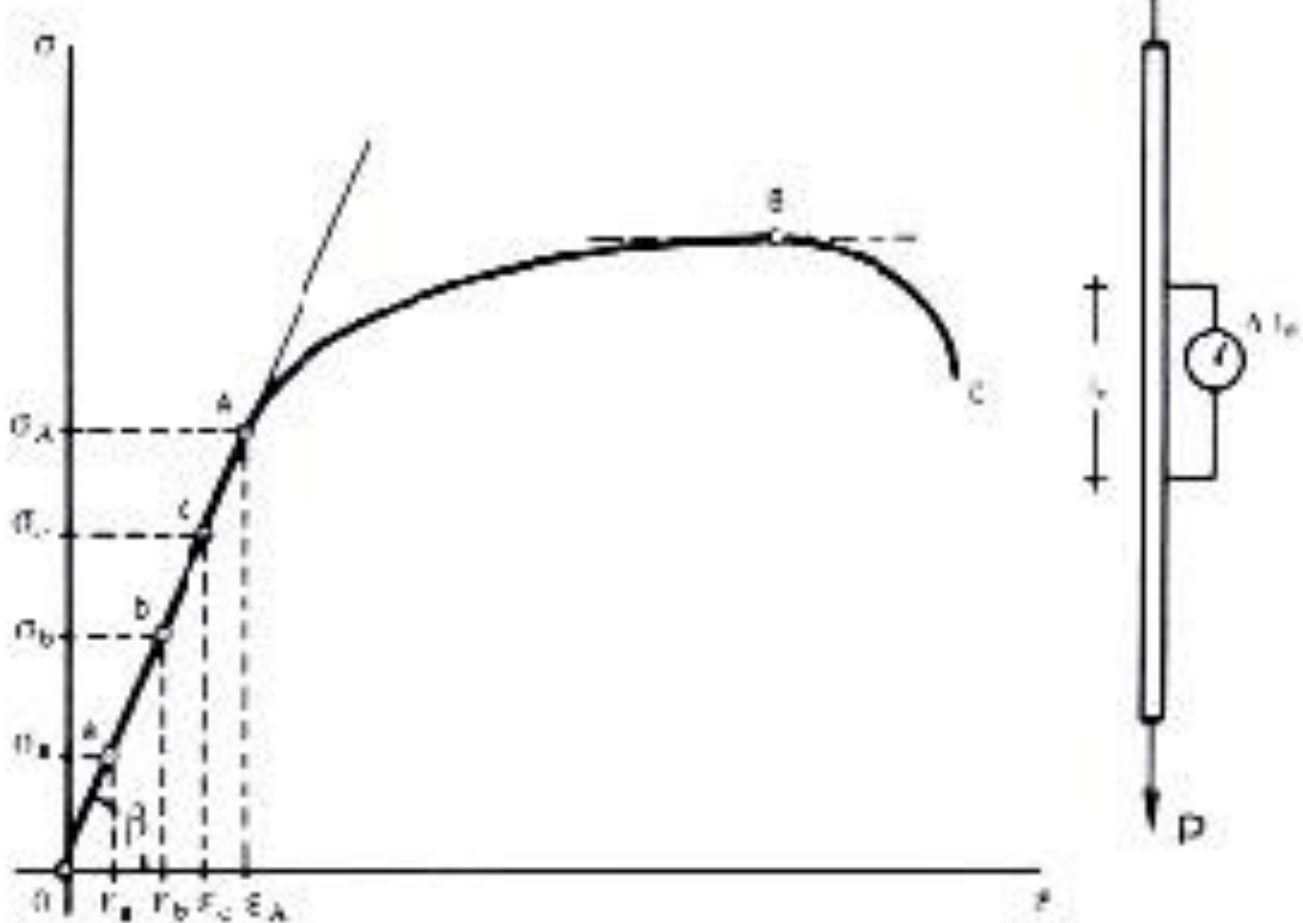
Módulo de elasticidad transversal

Coeficiente de Poisson

Módulo volumétrico

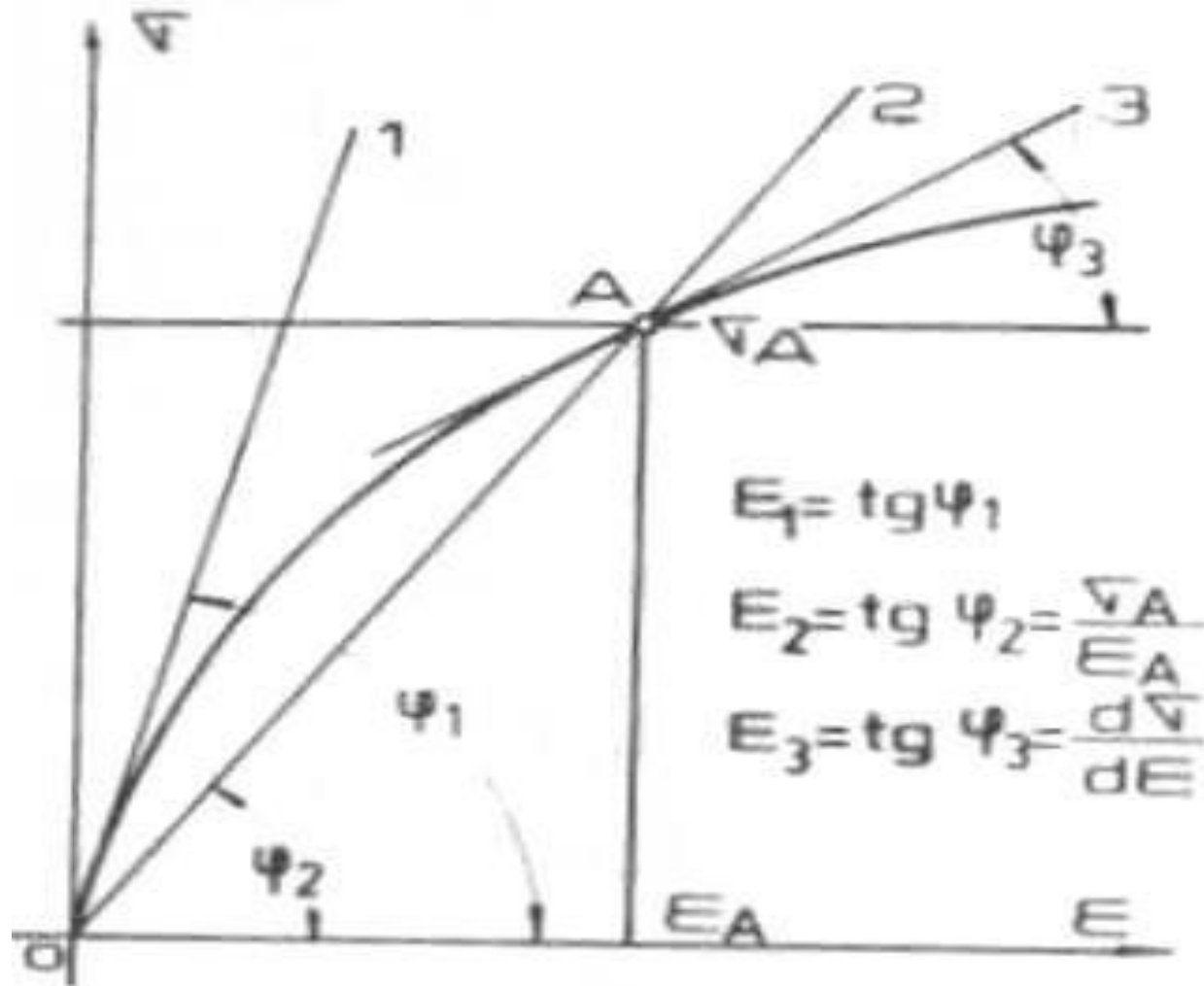


Constantes elásticas: Módulo de elasticidad longitudinal

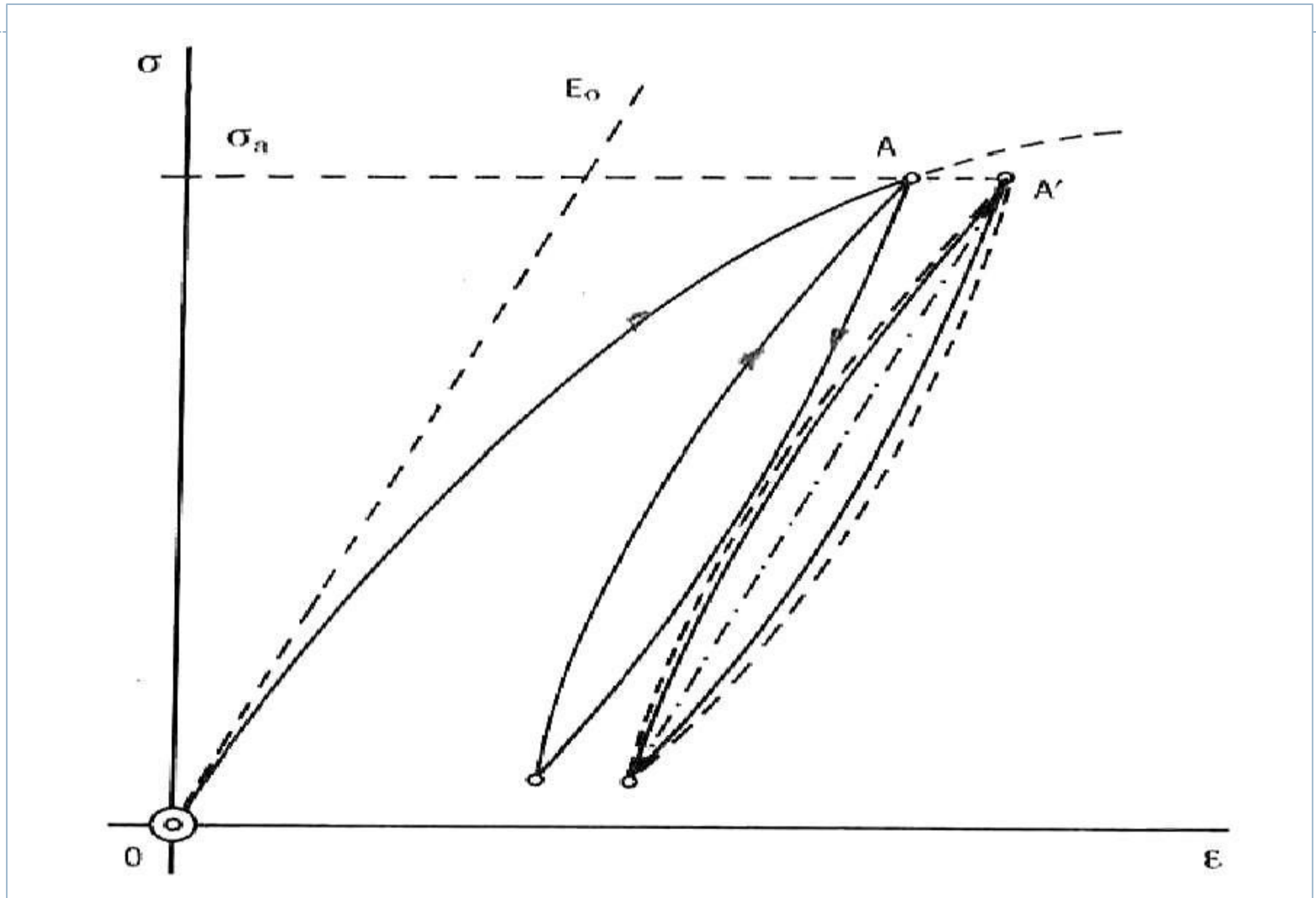


$$\frac{\sigma_A}{\epsilon_A} = \frac{\sigma_B}{\epsilon_B} = \frac{\sigma_C}{\epsilon_C} = cte = \frac{\sigma_A}{\epsilon_A} = E = \tan \varphi$$

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

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

ϵ_{tr} : $(d_0 - d) / d_0$

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

Constantes elásticas: Módulo volumétrico de elasticidad

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

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



**Maquina
universal de
Ensayos**



Probeta

Normalizada

**Ensayo
de
Tracción**

**Propiedades
Mecánicas**

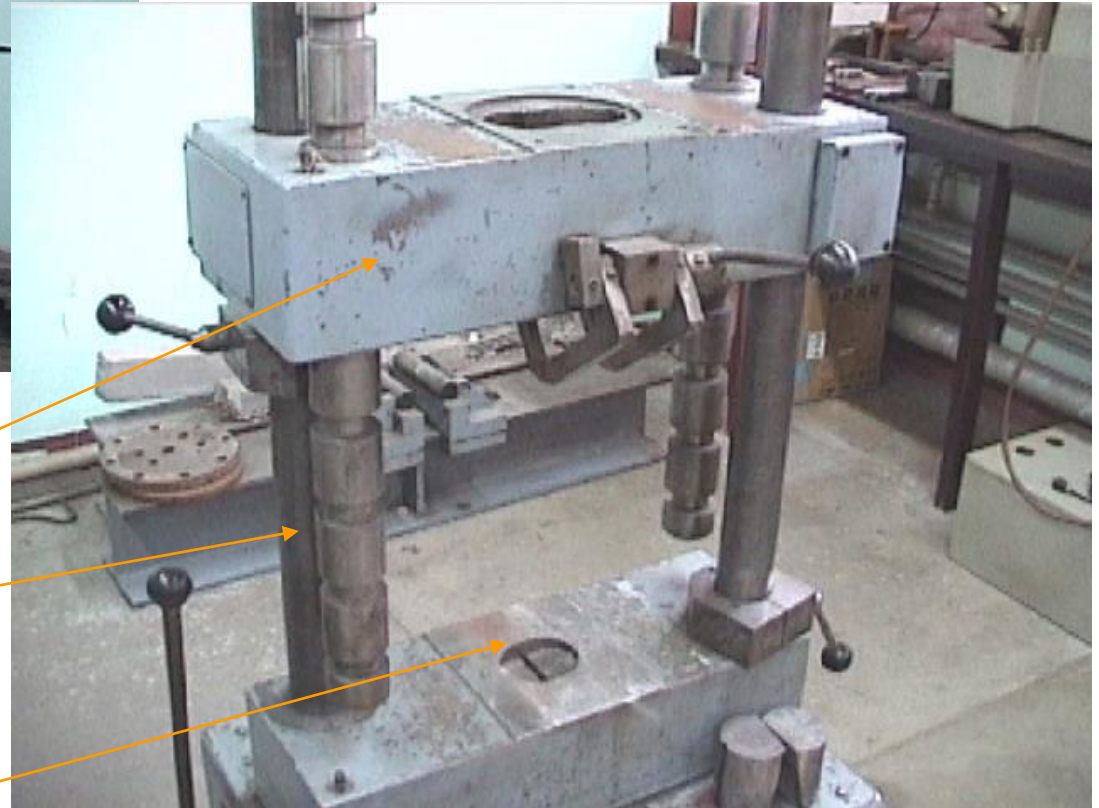
- Elasticidad
- Plasticidad
- Ductilidad
- Tenacidad
- Fragilidad
- Rigidez

Modulo Elástico

Tensión de Rotura

Tensión de Fluencia

Máquina Universal de Ensayos



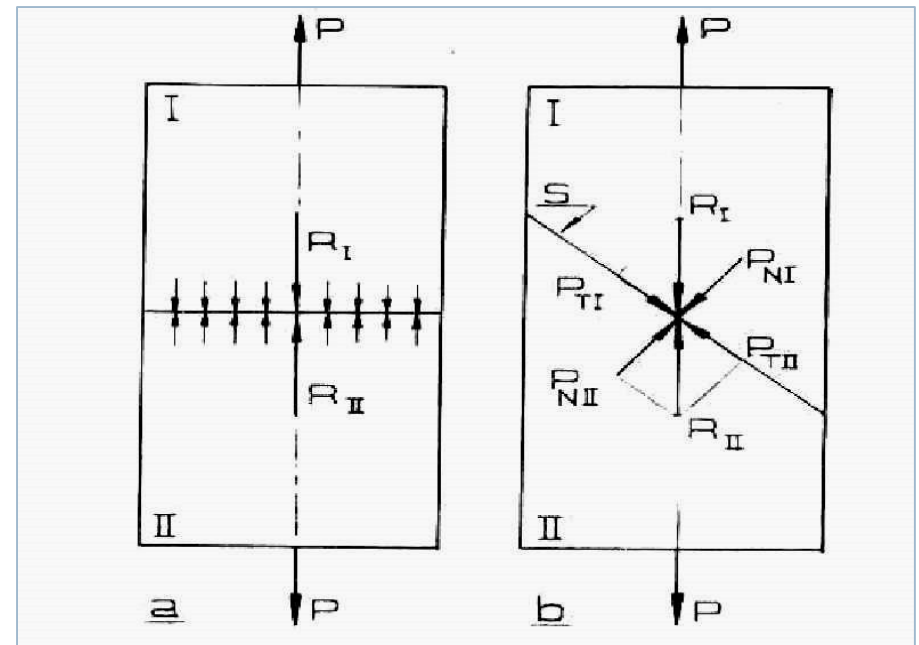
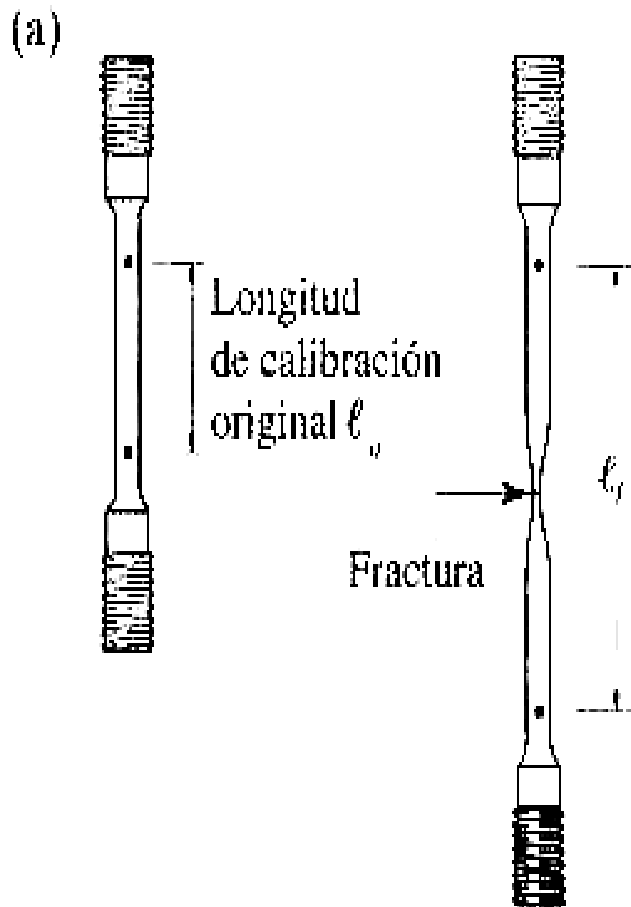
Mesa Móvil

Columna Fija

Cabezal Inferior

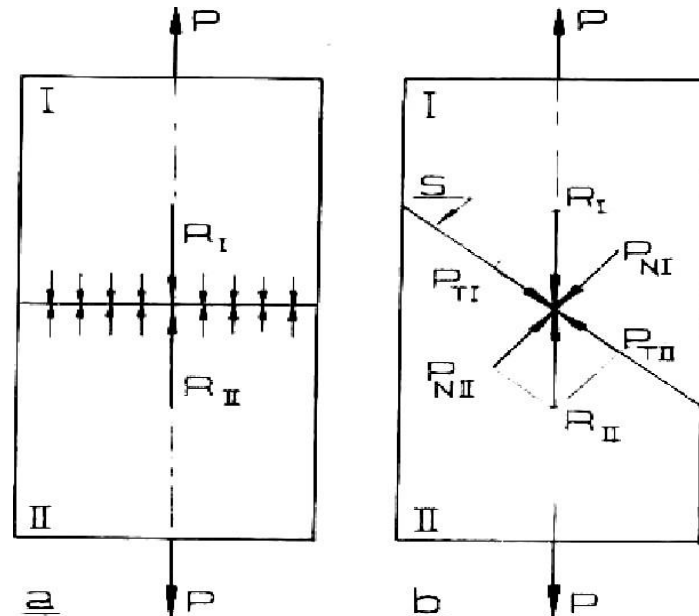
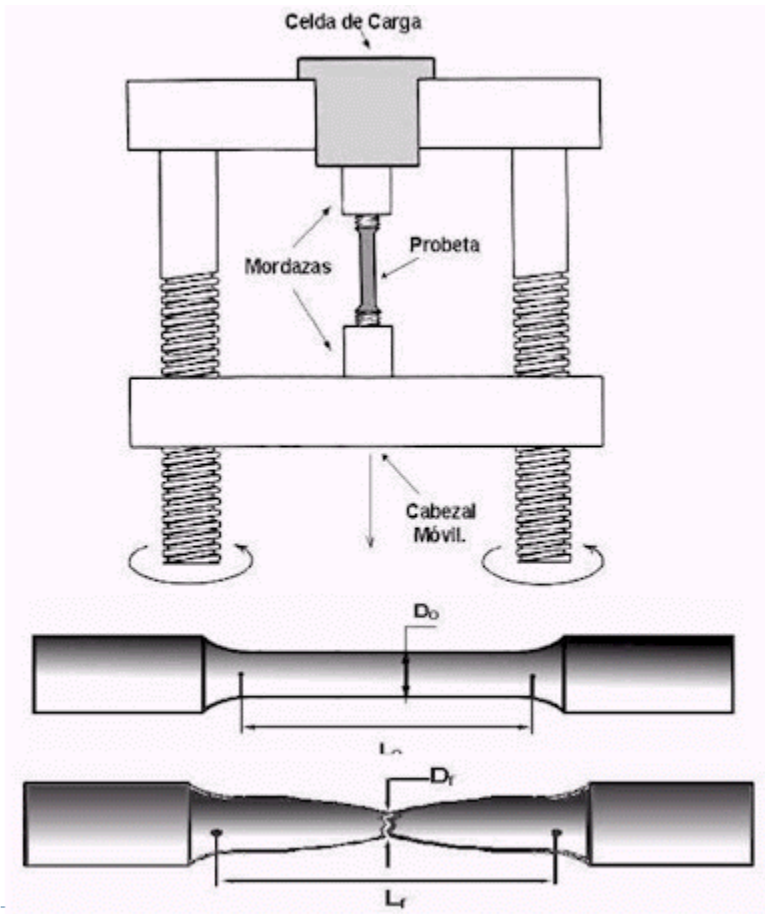
➤ Esfuerzos en Tracción Simple

- ✓ Utilizado para determinar propiedades mecánicas para diseño.

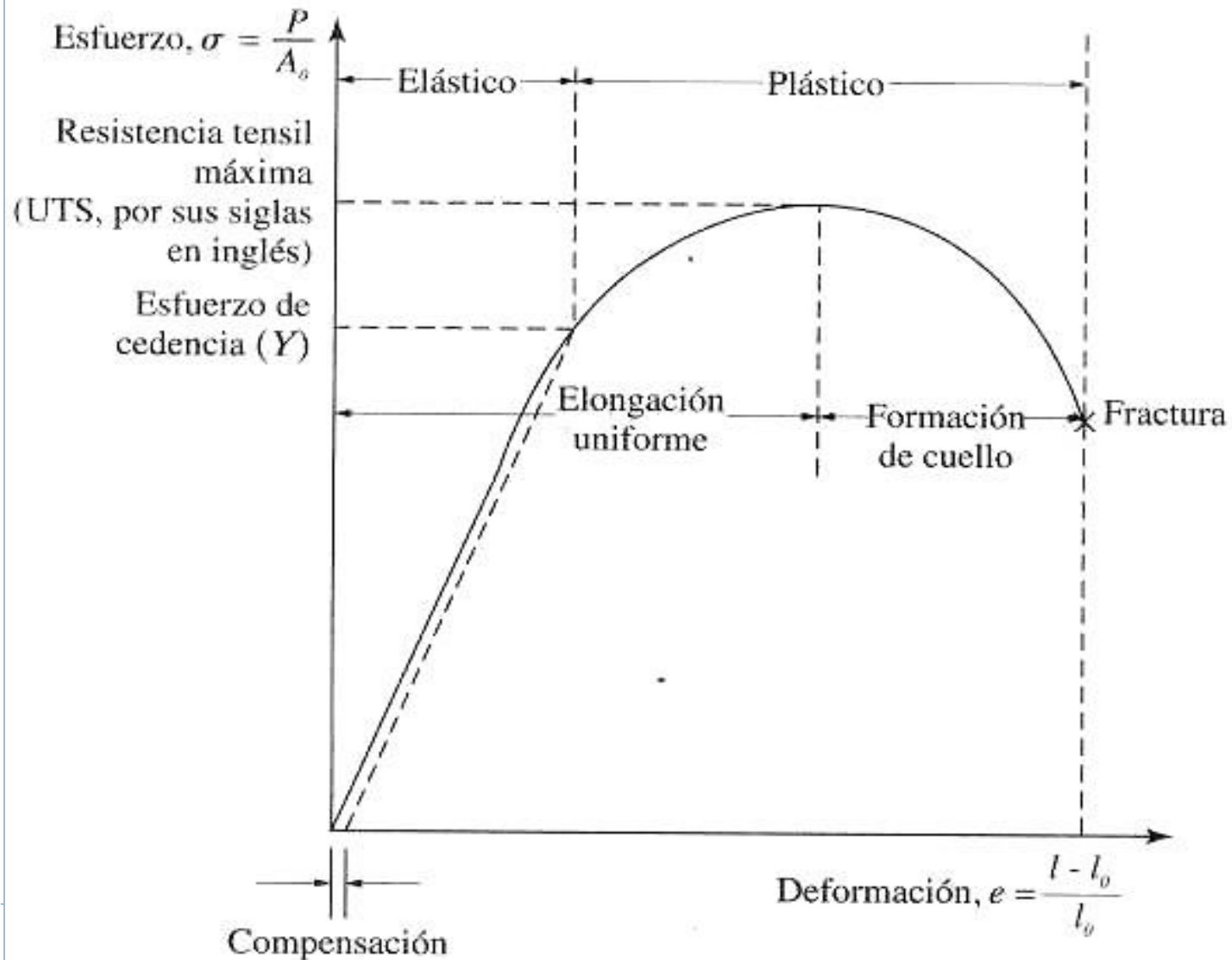


Esfuerzos en Tracción Simple

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

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

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

$\sigma_F = P_F / S_0$ Tensión de fluencia

$\text{DELTA \%} = (\Delta l / l_0) \cdot 100$ Alargamiento de rotura

Coeficiente de estricción

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



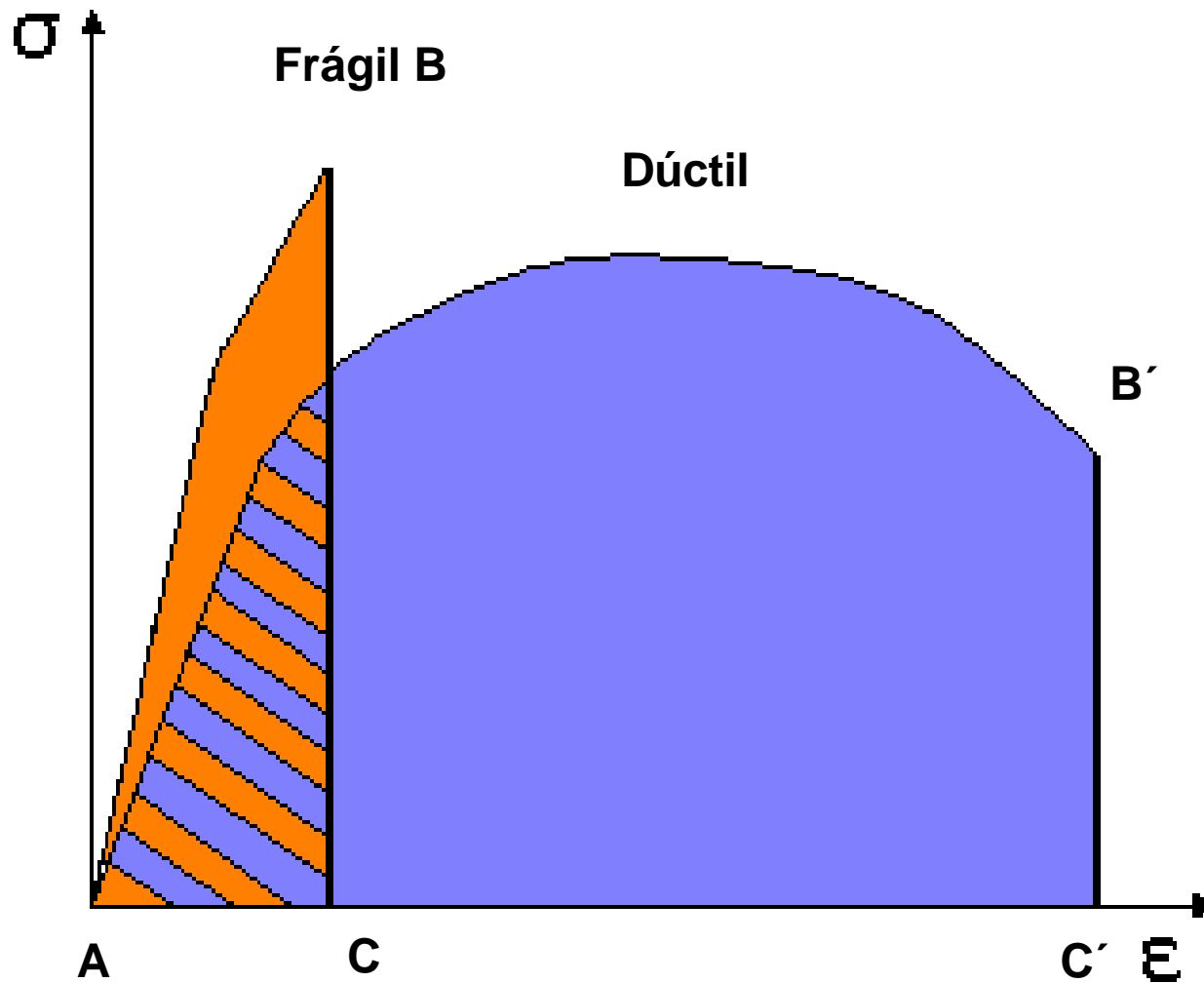
Ductilidad

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

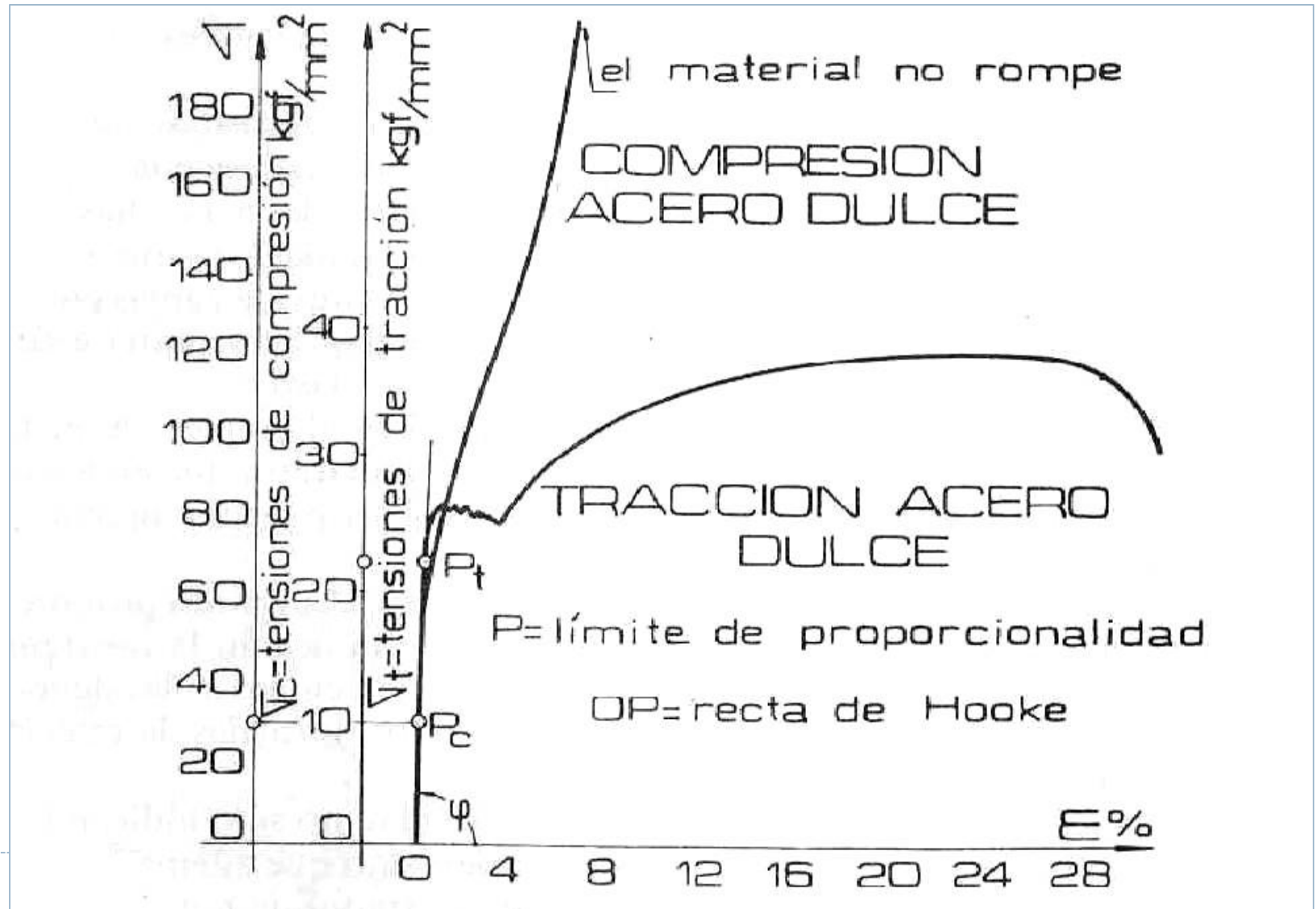
$$\text{Alargamiento de rotura} = \frac{(l_f - l_0)}{l_0} \times 100$$

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

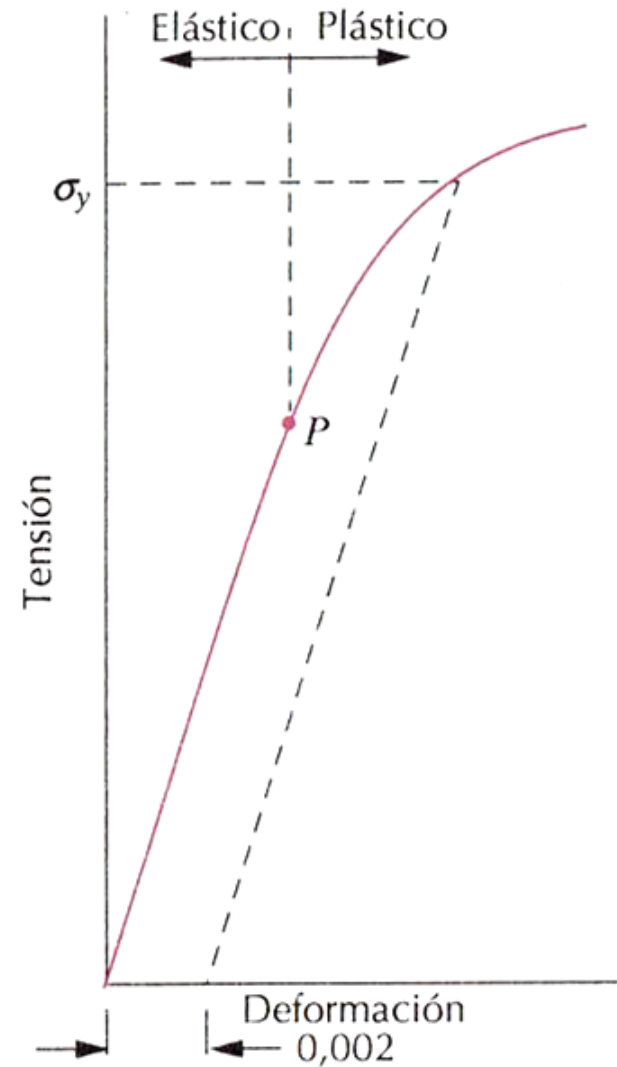
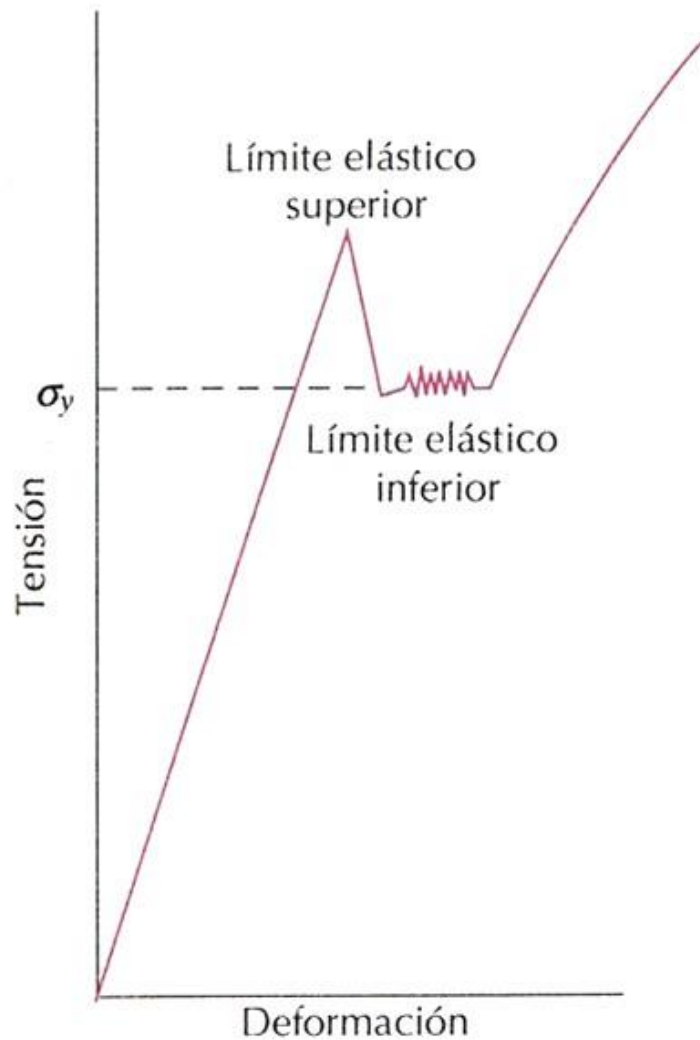
Ductilidad



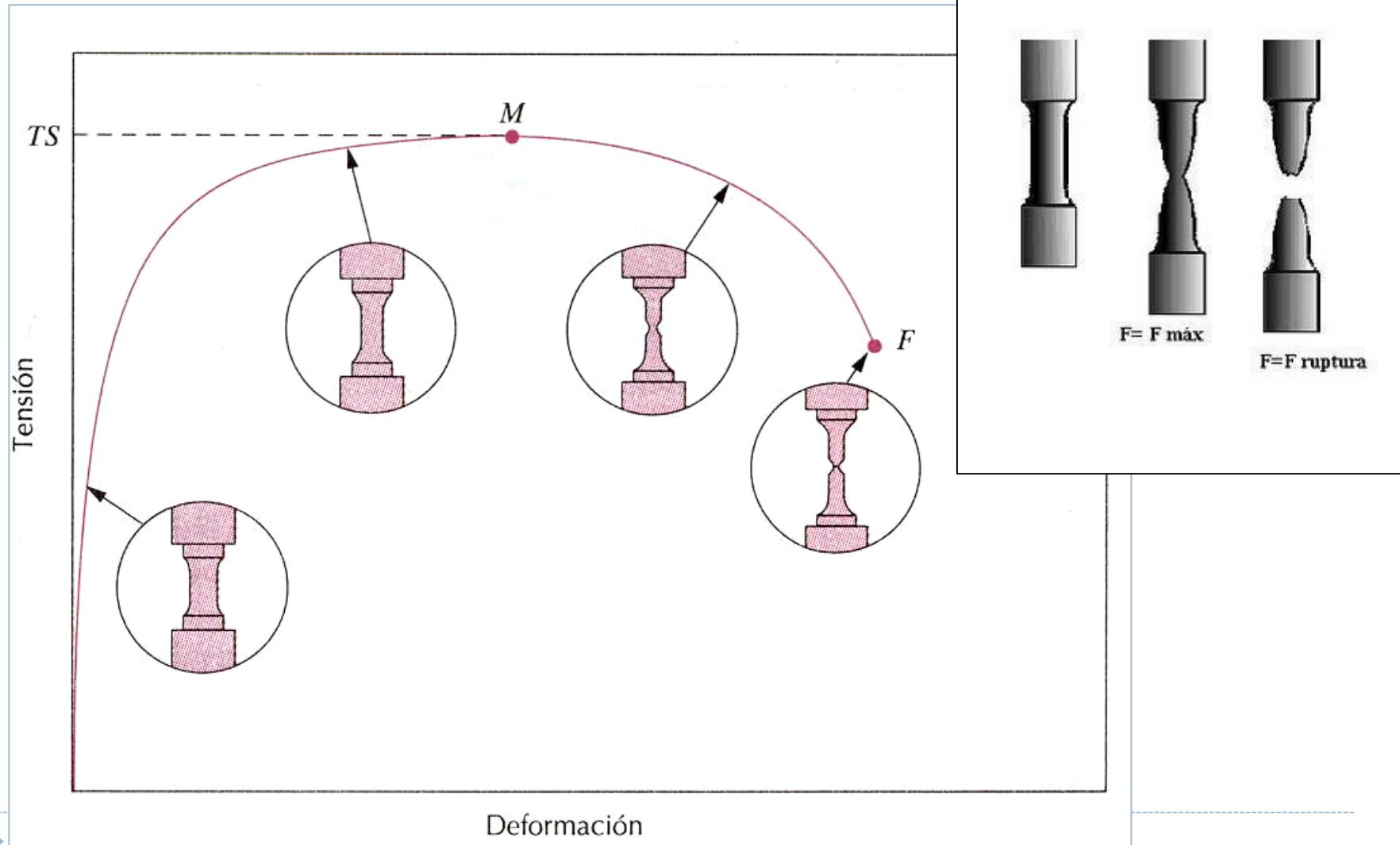
Comparación Diagrama Esfuerzo-Deformación para Ensayo de Tracción y Compresión



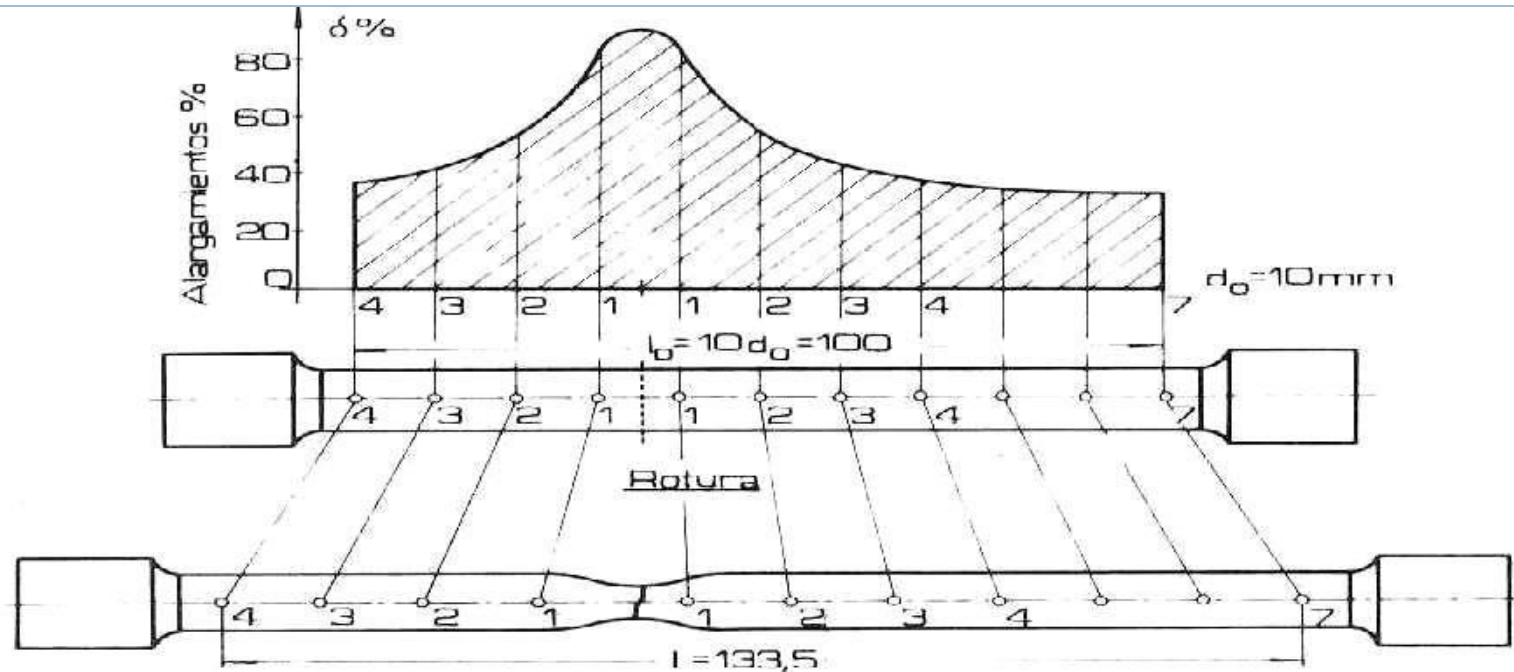
Límite Convencional



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 % $\delta\% = \frac{l - l_0}{l_0} 100$
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	$10d_0 = 100$	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:

$$\epsilon_1 = \epsilon_2$$

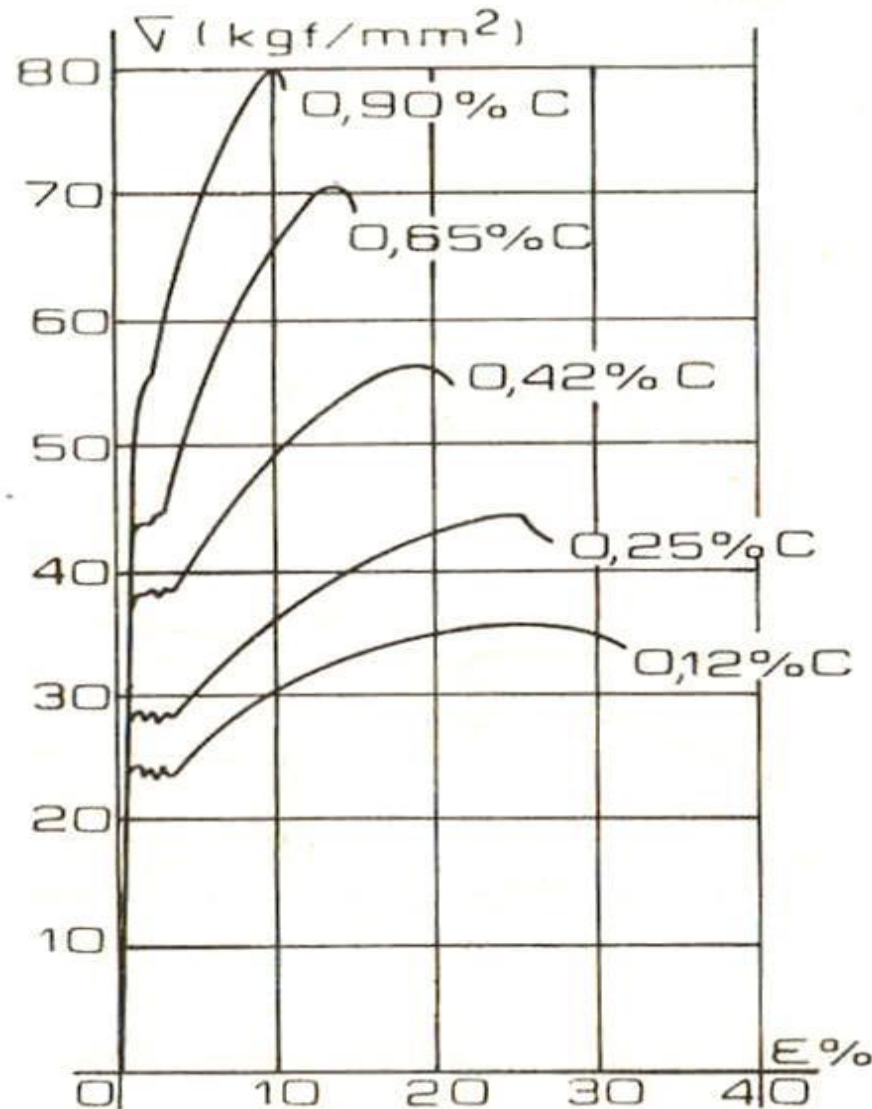
$$\sqrt{S_0} / l_0 = k$$

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

Equivalencia entre normas.

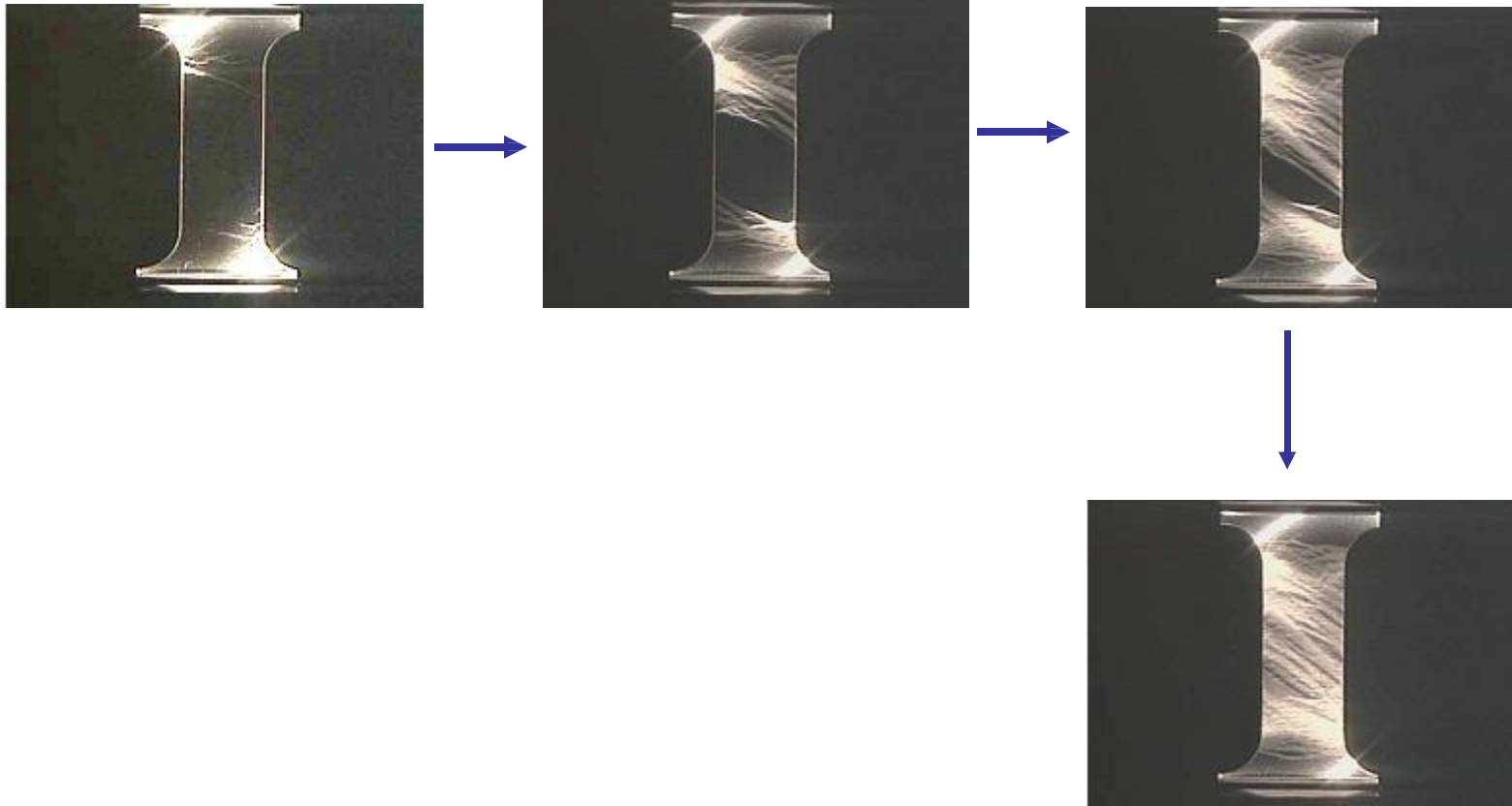


Diagramas de Tracción para distintos Aceros al Carbono

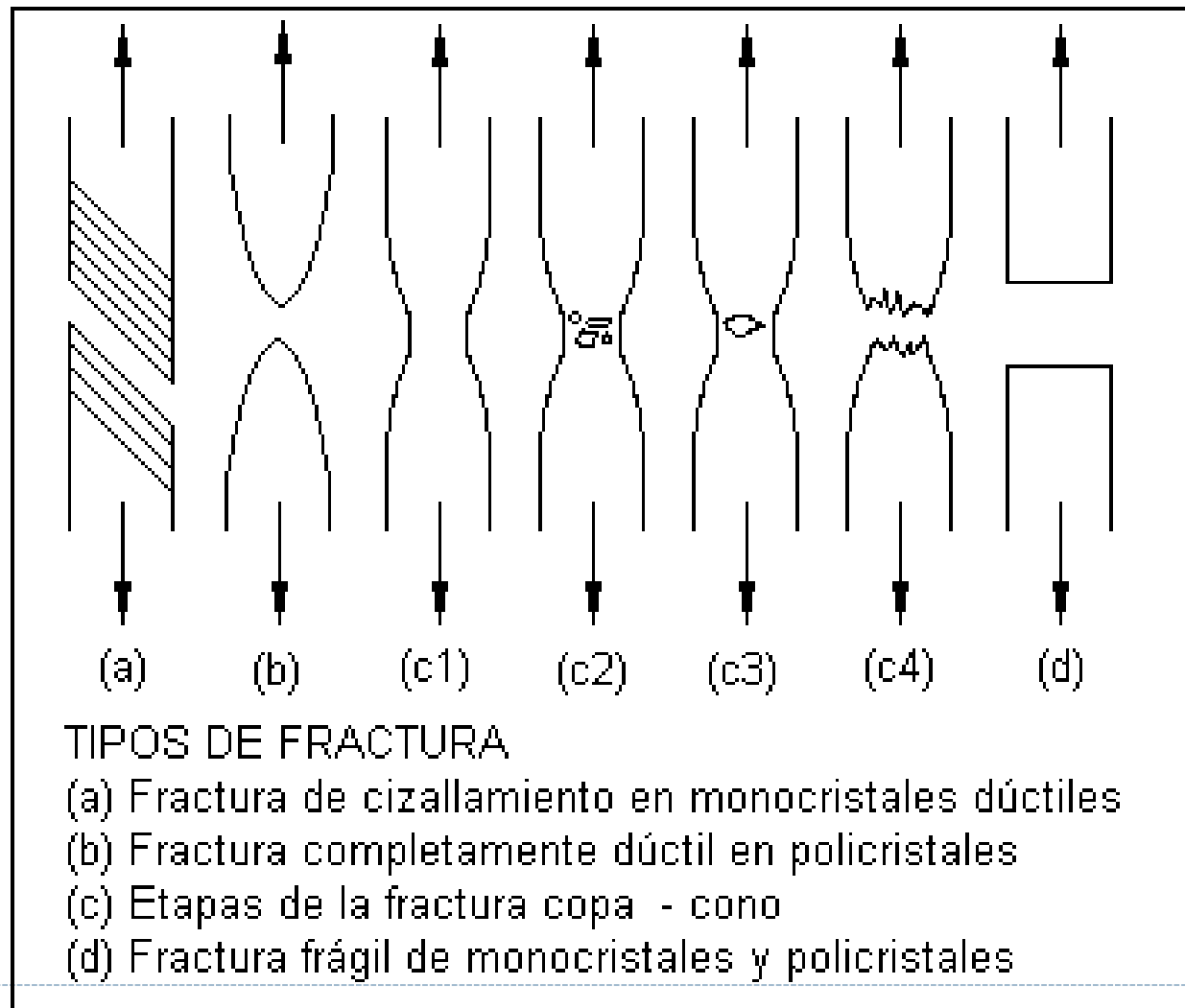


%C

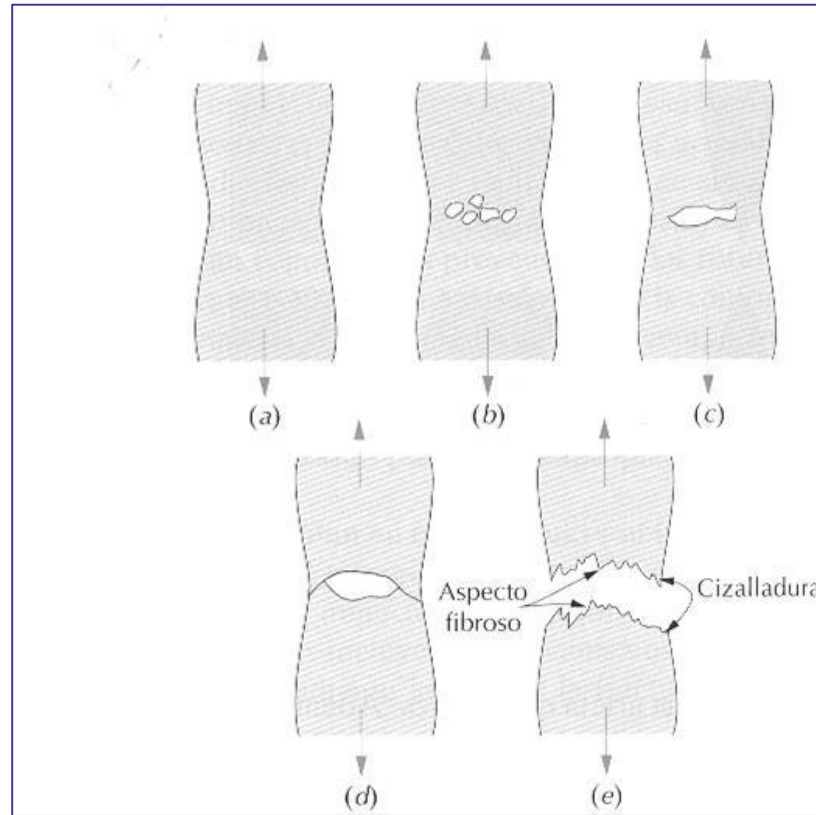
Líneas de Lüder



Fracturas



Etapas en la fractura copa-cono



Fuente: Callister, p.196

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

Esfuerzo Real y Deformación Real

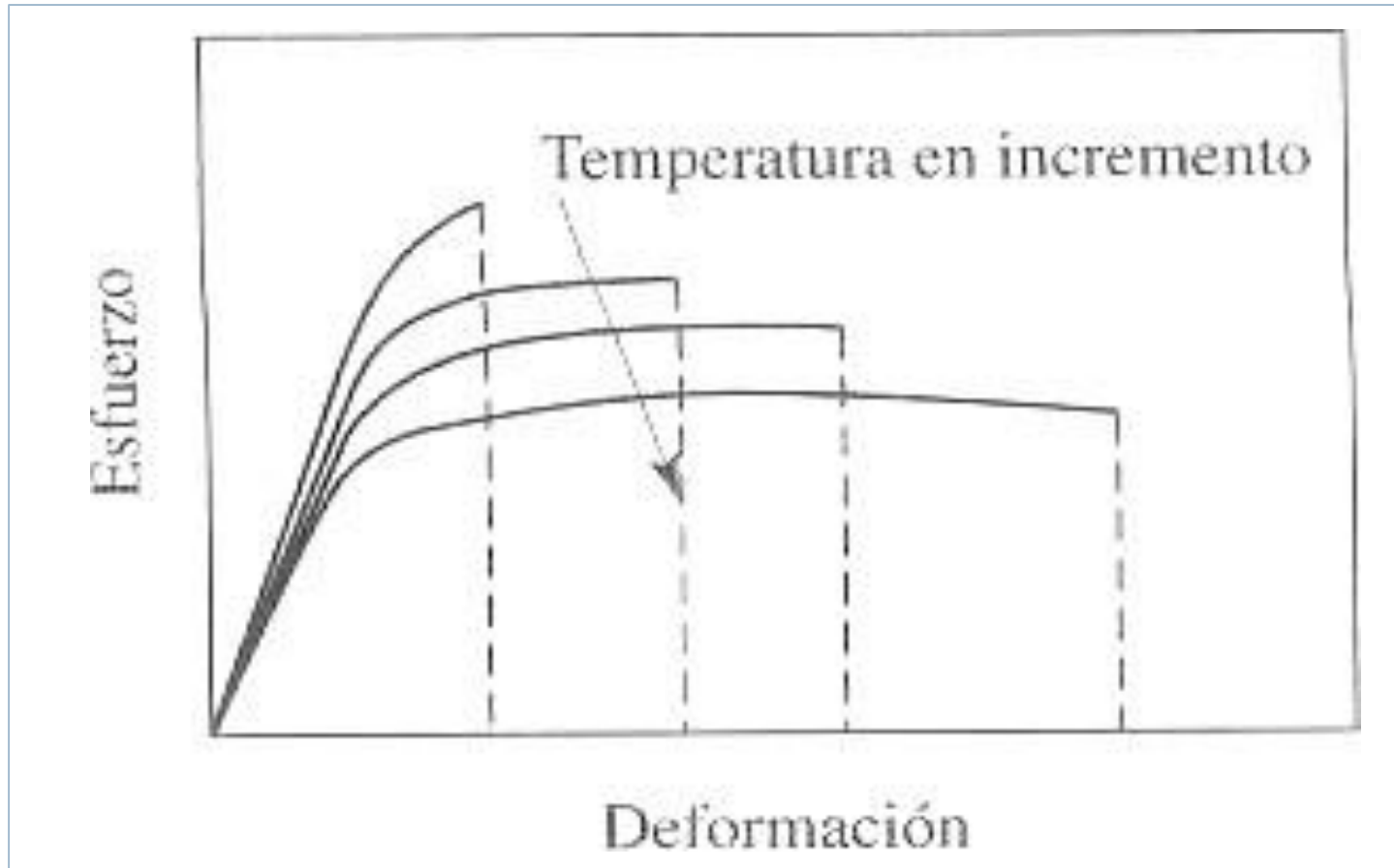
Esfuerzo Real: Relación de la carga P al área transversal real (instantánea).

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

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

Efecto de la Temperatura

Efectos de la rapidez de deformación



ENSAYO DE COMPRESIÓN



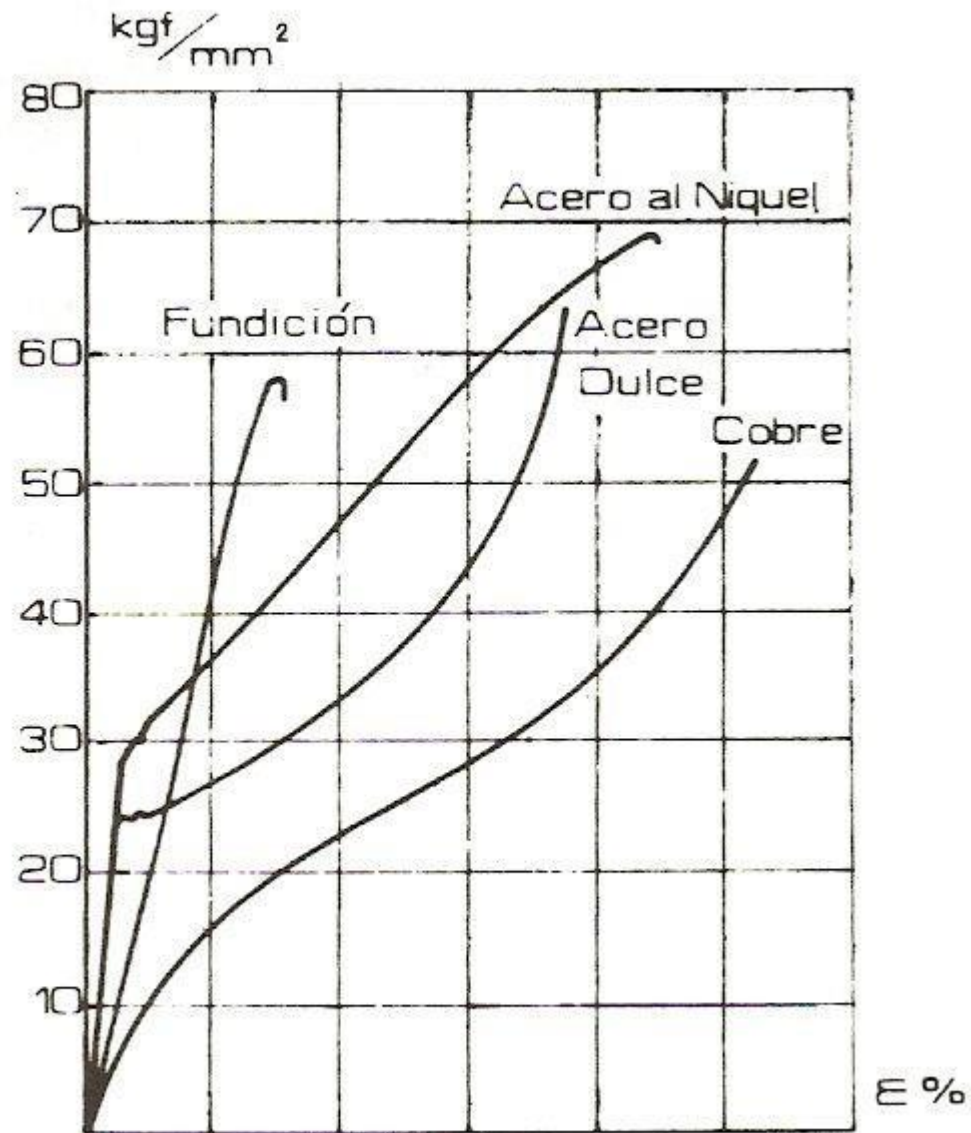
MAQUINA DE ENSAYO - ACCESORIOS



ACCESORIOS



Diagramas de Compresión



Probetas

Norma ASTM E9

Corta: $h=0,9D$

Mediana: $h=3D$

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

Utilización:

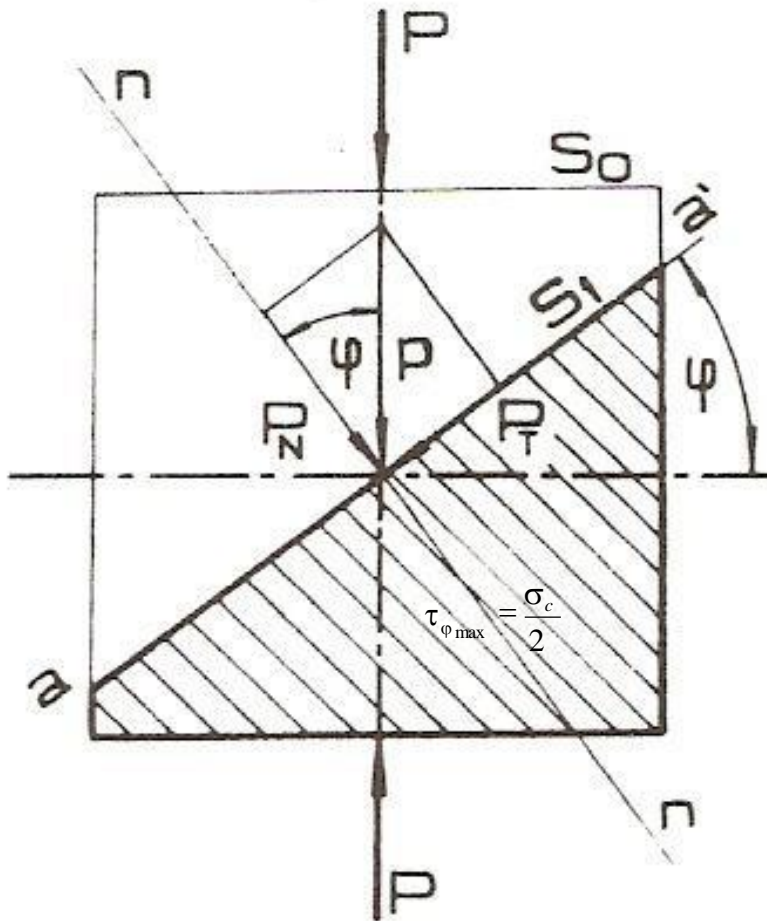
Cortas: para determinar la resistencia estática a la compresión en metales que soportaran cargas normales y en espesores reducidos.

Medianas: para uso general.

Largas: para definir el módulo de elasticidad.



Tensiones de rotura



$$\tau_{\varphi} = \frac{P_T}{S_1} = \frac{P \cdot \sin \varphi}{S_0 / \cos \varphi} =$$

$$= \frac{P}{S_0} \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi = \frac{\sigma_c}{2} \cdot \sin 2\varphi$$

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

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

