

FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

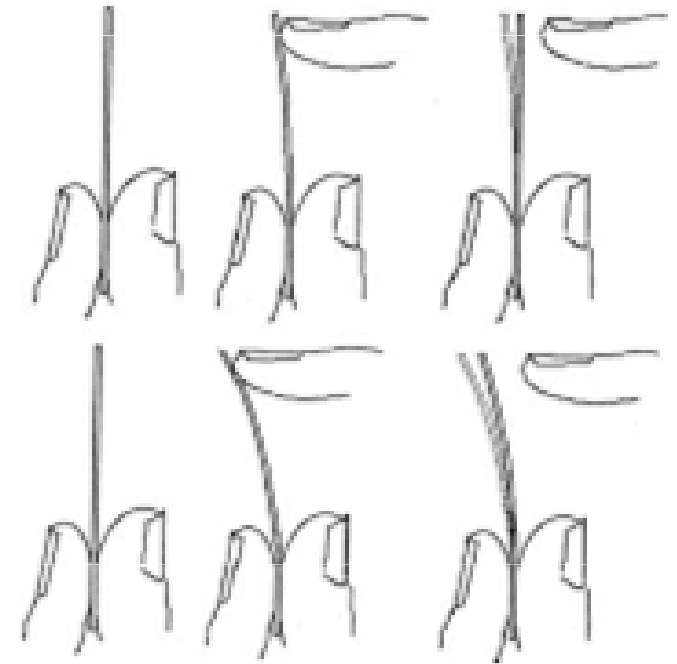
CIENCIA DE LOS MATERIALES

ENSAYO DE TRACCIÓN: DIAGRAMAS CONVENCIONALES Y REALES

Introducción

- Deformaciones

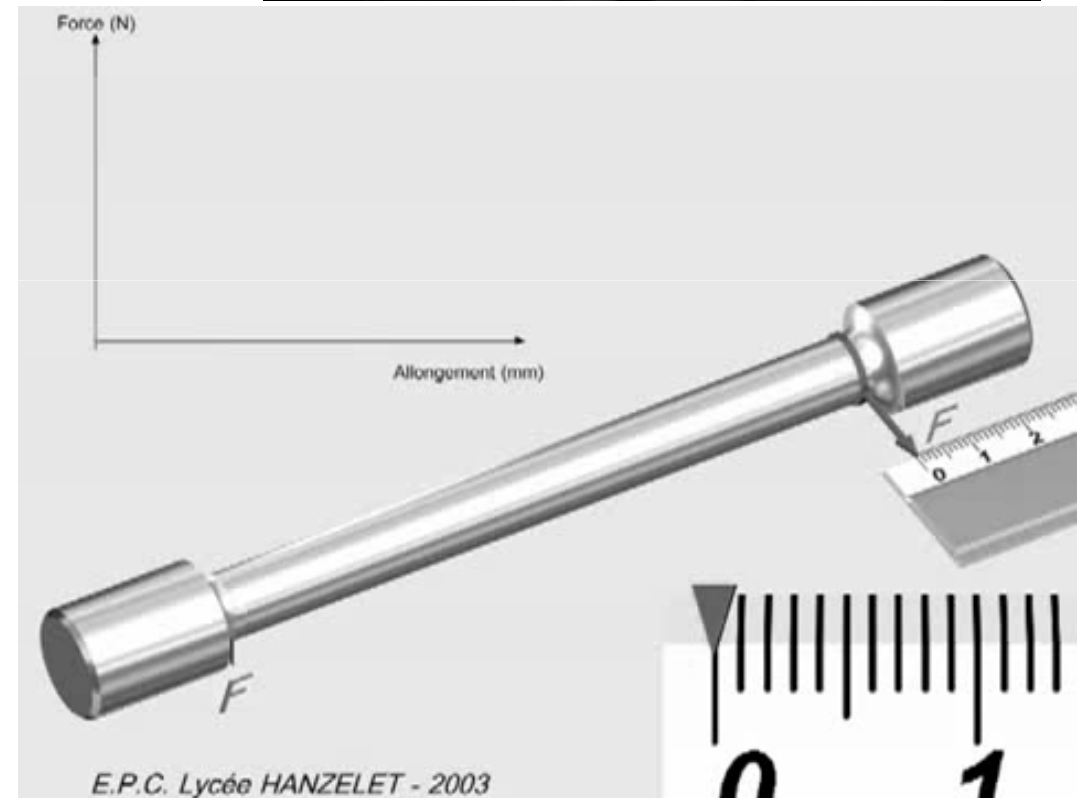
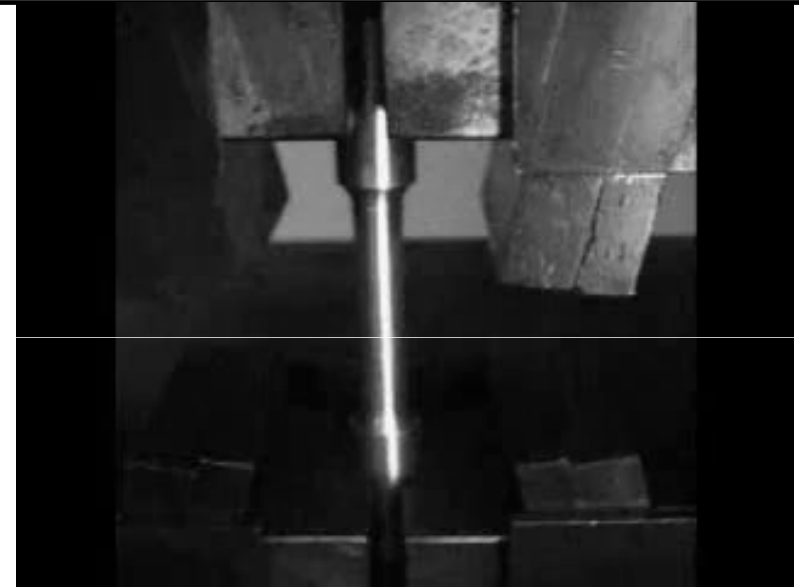
- Consecuencia de la carga o esfuerzo al que se somete un material, de tal manera que sus dimensiones originales cambian.



- Clasificación

- Elásticas
- Plásticas:
 - Deformación que es permanente o no recuperable después de la liberación de la carga aplicada.
 - Está acompañada de desplazamientos atómicos permanentes .

- Consiste en aplicar una carga uniaxial a una probeta traccionada hasta llevarla a la rotura (ensayo destructivo).
- En cada instante se mide la carga aplicada versus el alargamiento $\Delta L = L - L_0$ obteniéndose una curva carga-alargamiento.



Introducción

- Diagramas P vs Δl menor aplicación práctica.
- Diagramas σ vs ϵ más aplicación práctica
 - Refieren cargas a la unidad de sección transversal
 - Refieren alargamientos a la longitud inicial
 - Empleados en resistencia de materiales, diseño, etc.
- Diagrama convencional referido a S_0 y l_0 :
 $\sigma = P/S_0$ Tensión convencional o ingenieril
 $\epsilon = \Delta l/l_0$ Deformación unitaria, convencional o ingenieril
- S_0 y l_0 cambian durante el ensayo:
 - Diagrama real
 - En cierta zona difiere del convencional

Introduccción

Curva tensión-deformación: Evolución de tensiones y deformaciones

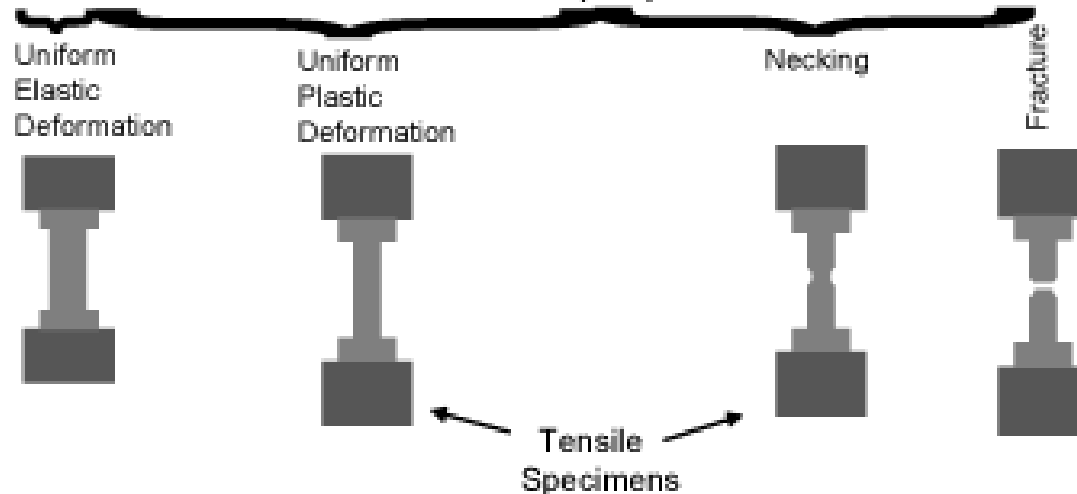
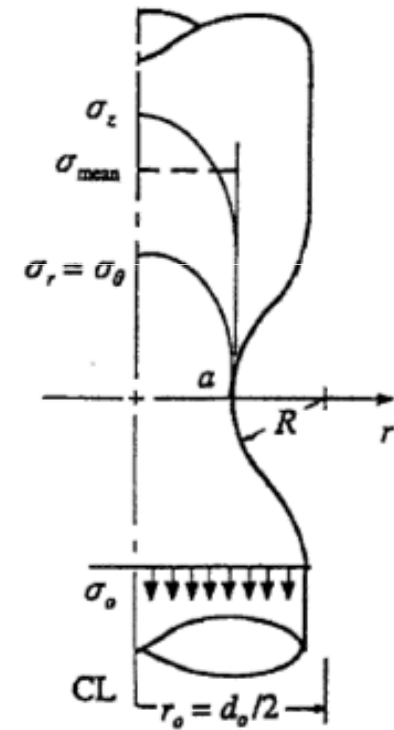
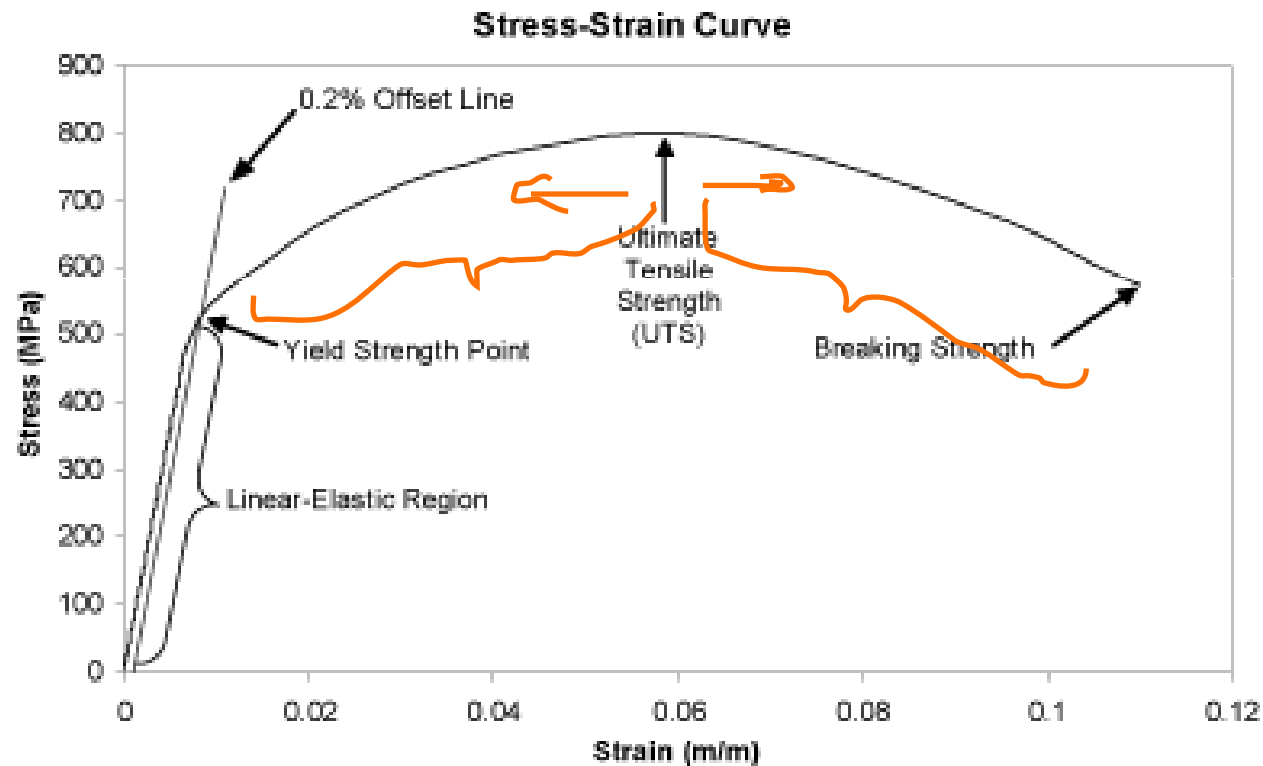


Diagrama real

- El diagrama convencional induce a creer que la probeta rompe para un valor de la tensión que no es la máxima (no se tiene en cuenta la disminución de la sección)
- Acero dulce o estructural (aleación de hierro con 0,2% de C)
- Recta OA.: Relación tensión-deformación hasta A (límite de proporcionalidad) es lineal.
Pendiente OA: Módulo de Young o módulo elástico longitudinal

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{P/A}{\Delta L/L_0}$$

siendo:

$$\sigma = E\varepsilon$$

Ley de Hooke

- AB: relación no lineal.

De B (límite de fluencia inicial)

a C (límite de fluencia final)

curva horizontal sin aumento perceptible de tensión se denomina fluencia.

B: punto de fluencia y la tensión correspondiente "tensión de fluencia".

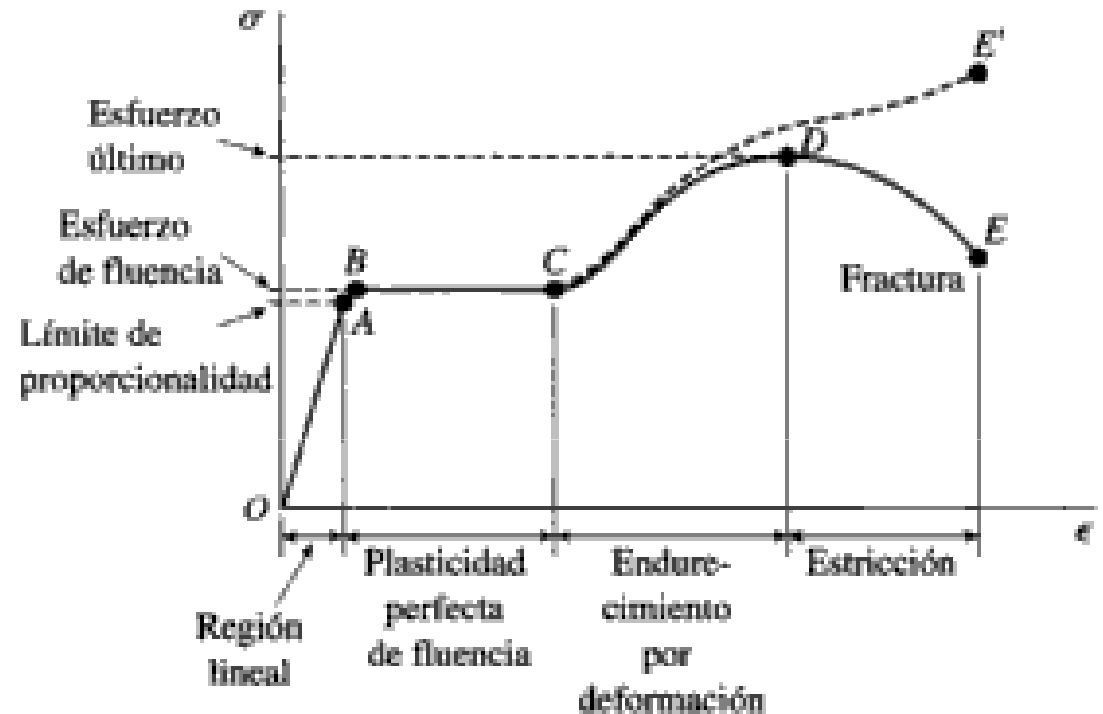


Diagrama real:

Obtención de la tensión real a partir de la convencional

$$\sigma_r = \frac{P}{S}$$

$$S_0 \cdot l_0 = S \cdot l \quad \therefore S = S_0 \cdot \frac{l_0}{l}$$

$$\sigma_r = \frac{P}{S_0} \cdot \frac{l}{l_0}$$

$$\sigma_r = \sigma \cdot \frac{l}{l_0}$$

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{l}{l_0} - 1$$

$$\frac{l}{l_0} = 1 + \varepsilon$$

$$\sigma_r = \sigma(1 + \varepsilon)$$

Tensión real
(límite de fluencia a la carga máxima)

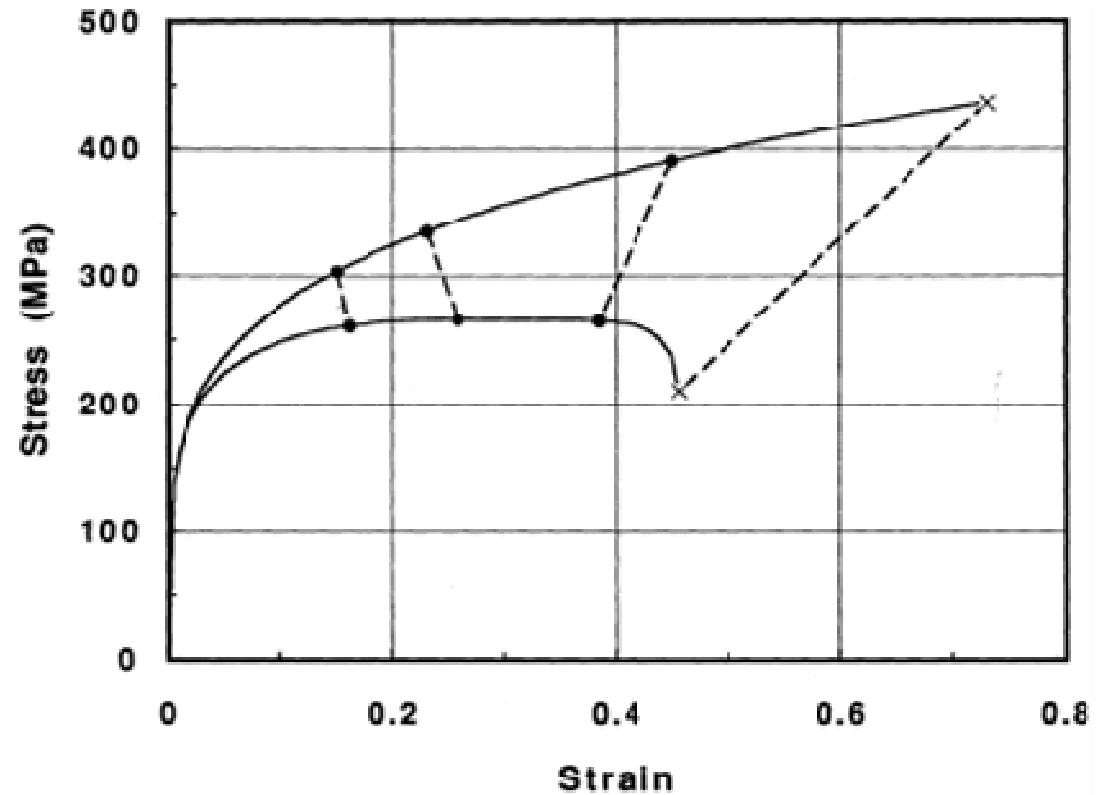


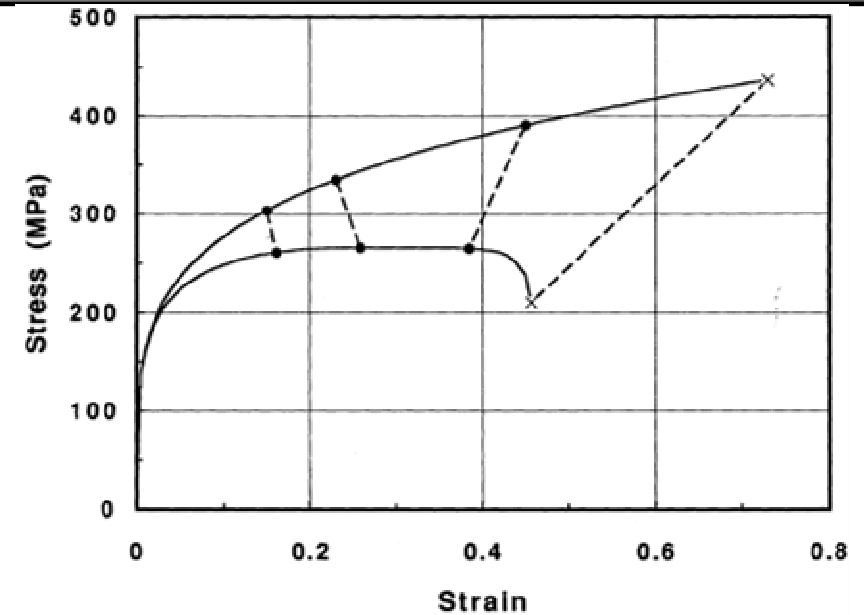
Diagrama real:

Obtención de la deformación real a ´partir de la convencional

- Deformaciones reales (definición)

$$\varepsilon_r = \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0}$$

$$d\varepsilon_r = \frac{dl}{l}$$



- Relación entre deformaciones reales y convencionales

$$\varepsilon = \frac{l}{l_0} - 1 \quad \therefore \varepsilon + 1 = \frac{l}{l_0}$$

$$\varepsilon_r = \ln \frac{l}{l_0}$$

$$\varepsilon_r = \ln(\varepsilon + 1)$$

Deformación real

(límite de fluencia a la carga máxima)

Diagrama real

Más allá del comienzo de la estricción

- El procedimiento expuesto suficiente en metales frágiles (alcanzada la carga máxima sobreviene la rotura),
- En los dúctiles el proceso que tiene lugar en la estricción impone tener en cuenta otras consideraciones (estado triaxial y factor de corrección de Bridgman)

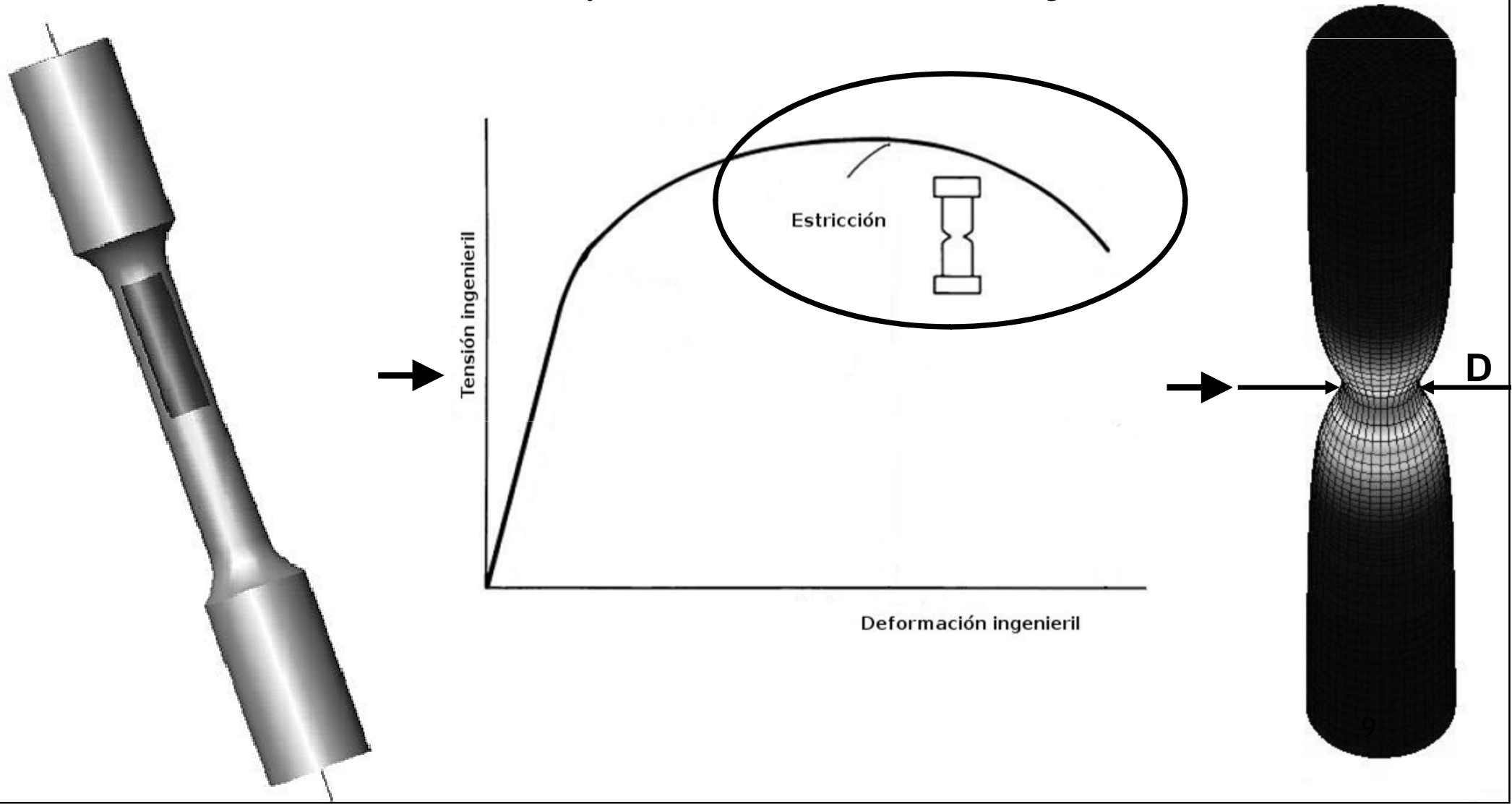


Diagrama real

Más allá del comienzo de la estricción

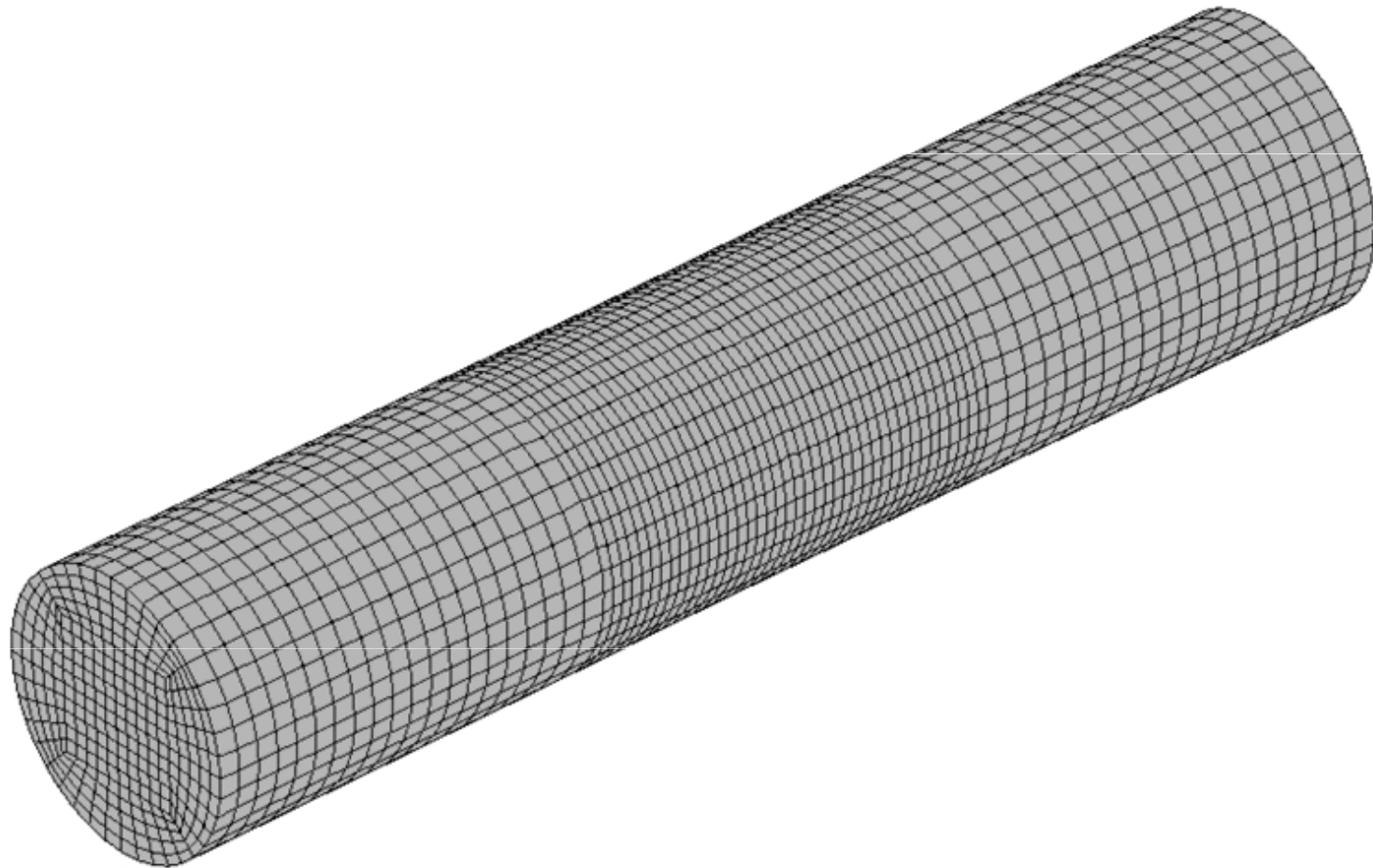
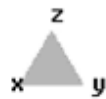


Diagrama real

Más allá del comienzo de la estricción



step 5.75
Smooth Contour Fill (Mean) of E.P.S..
Deformation (x1): Displacements of Load Analysis, step 5.75.

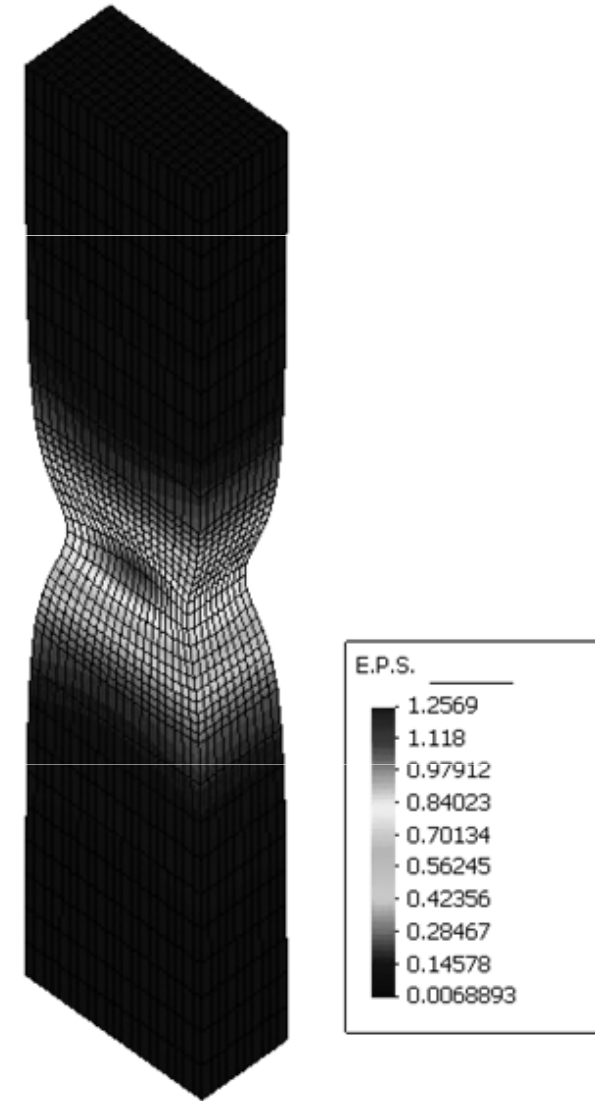
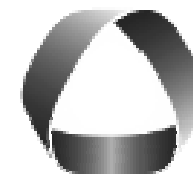
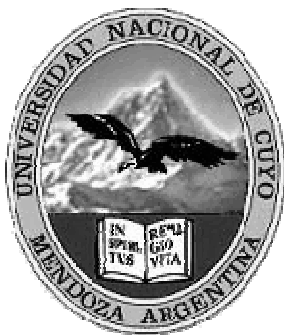


Diagrama real

- En resumen:
 - En un diagrama real la tensión de rotura se define como:

$$\sigma_{rotura} = \frac{P_{rotura}}{S_{final}}$$

- El diagrama real se construye a partir del límite inicial de fluencia (antes la reducción de sección es prácticamente nula)
- Diferencia entre diagramas reales y convencionales:
 - Menor y con tendencia a superponerse a medida que aumenta la fragilidad de los metales



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

CIENCIA DE LOS MATERIALES

ENSAYO DE TRACCIÓN: FRACTURA

Ensayo de Tracción

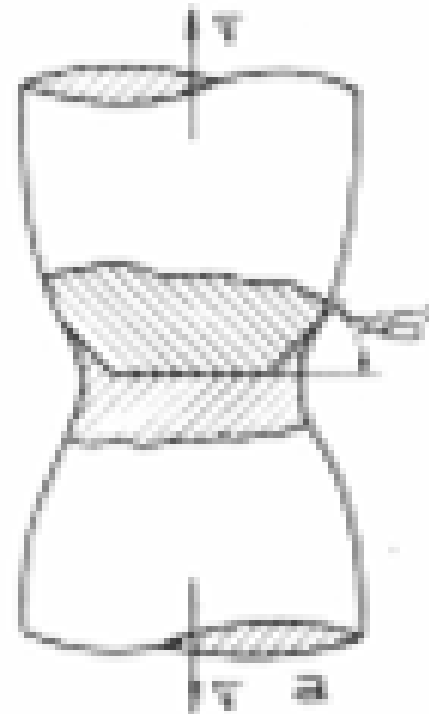
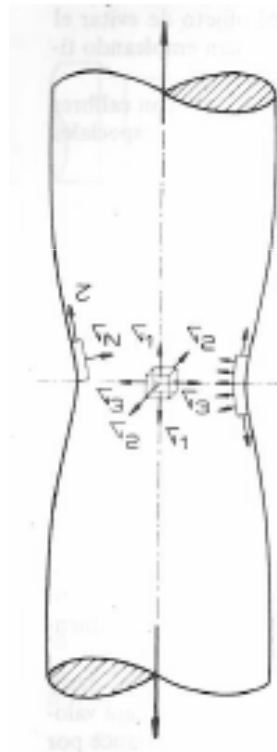
Fractura por tracción

- Metal sometido a tracción:
 - Tensiones normales y tangenciales que tienden a separar o deslizar a los átomos.
 - Deformaciones varían según la naturaleza de los cristales del material que se ensaya.

Ensayo de Tracción

Fractura por tracción

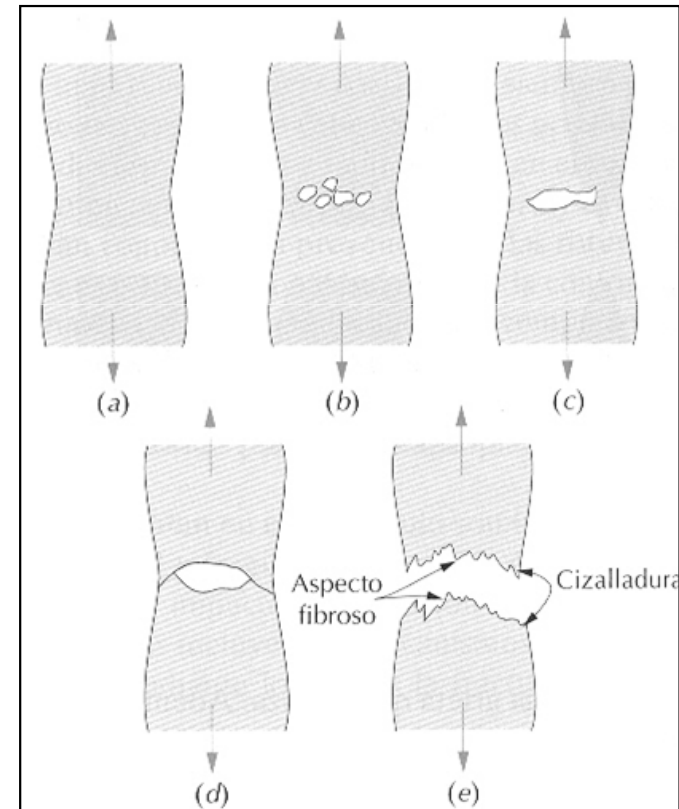
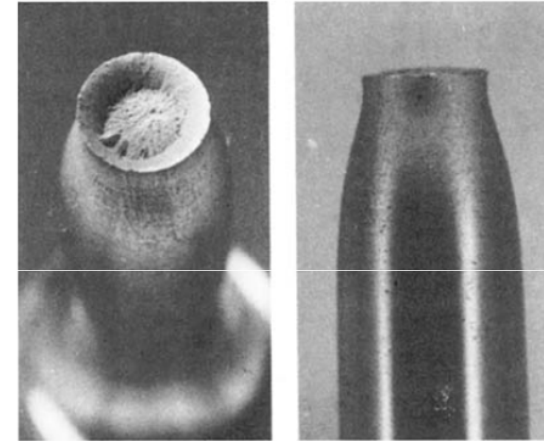
- Materiales dúctiles:
 - Tensiones tangenciales provocan deslizamientos permanentes en los planos cristalográficos (deformaciones plásticas) hasta la rotura.
 - Estricción genera un estado triaxial dando origen a tensiones tangenciales que llevan a la rotura al vencerse la cohesión entre cristales (arrancamiento).
 - Máximas tensiones cortantes a 45° y 135° con el eje longitudinal (en algunos casos líneas de máximo deslizamiento sobre la superficie exterior).



Ensayo de Tracción

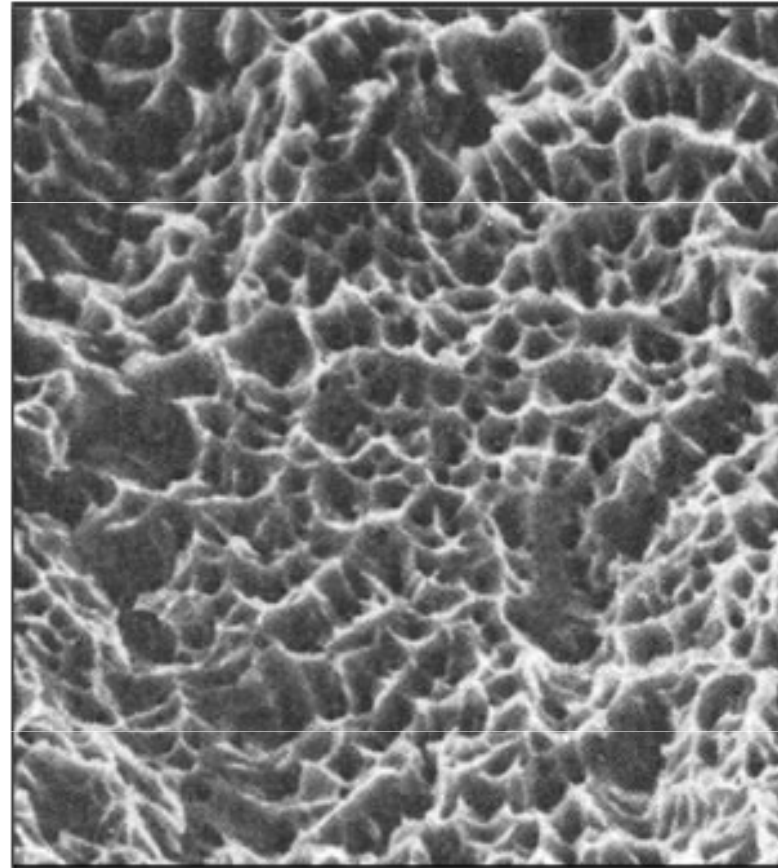
Fractura por tracción

- Dúctil (Copa-cono):
 - a. Estricción inicial
 - b. Formación de pequeñas cavidades
 - c. La coalescencia de cavidades forma una grieta
 - d. Propagación de la grieta
 - e. Fractura final por cizallamiento a un ángulo de 45° respecto a la dirección de la tensión.



Ensayo de Tracción

Fractura por tracción



Micrografía obtenida por microscopía electrónica de barrido mostrando cavidades cónicas equiaxiales producidas durante la fractura de una probeta de resorte de acero para muelles. Estas cavidades, formadas por coalescencia de microhuecos de la fractura, son indicativas de una fractura dúctil.

(Según ASM Handbook, vol. 12—Fractography, p. 14, figura 2a, 1987. ASM International.)

Ensayo de Tracción

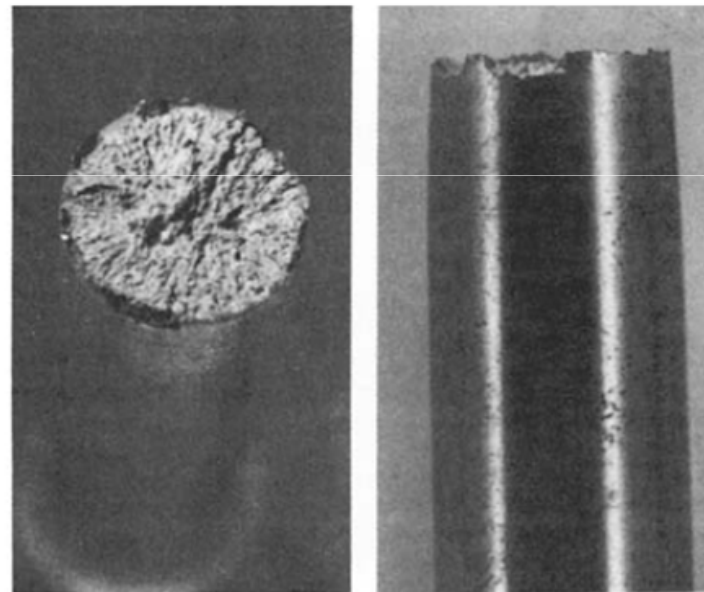
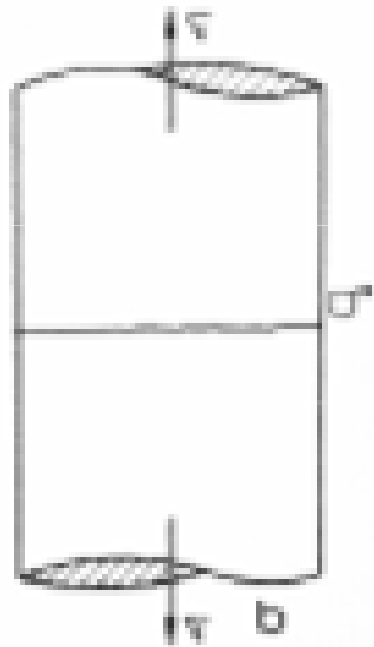
Fractura por tracción

- Materiales dúctiles:
 - Ejemplos:
 - Aceros: aumenta su resistencia, va disminuyendo la estricción
-> copa o cráter tiende a desaparecer
 - Acero poco resistente:
 - Fractura grano medio y color mate en el centro,
 - Contorno de grano más fino y brillante
 - Con bordes parciales (el cono presenta en su periferia parte del contorno que le falta al cráter).
 - Los aceros resistentes rompen en secciones transversales con estructura sedosa y pequeñas rebabas periféricas
 - Aceros resistentes y tenaces la superficie de rotura indica nervaduras radiales y pequeñas rebabas.
 - Metales no ferrosos pueden romper de variadas formas (incluso fracturas oblicuas en planos variables entre 45 y 55°)

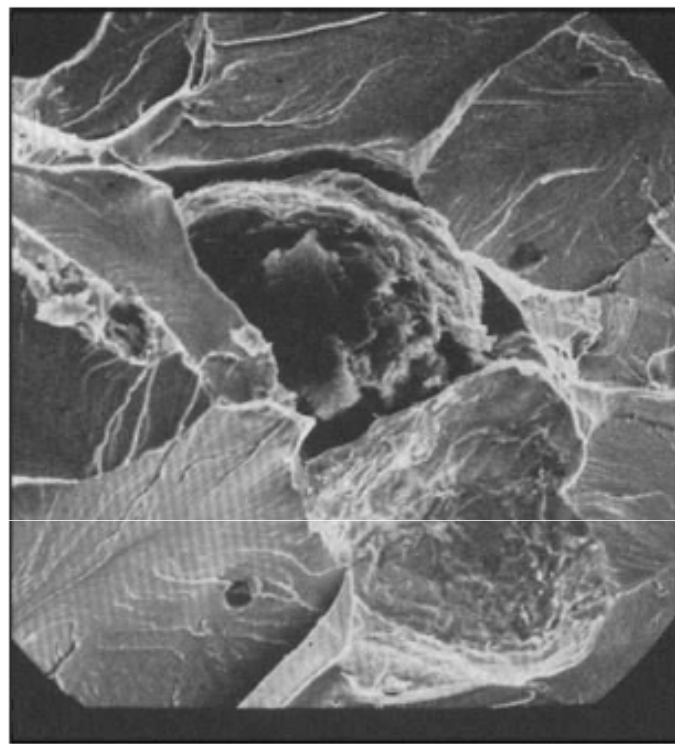
Ensayo de Tracción

Fractura por tracción

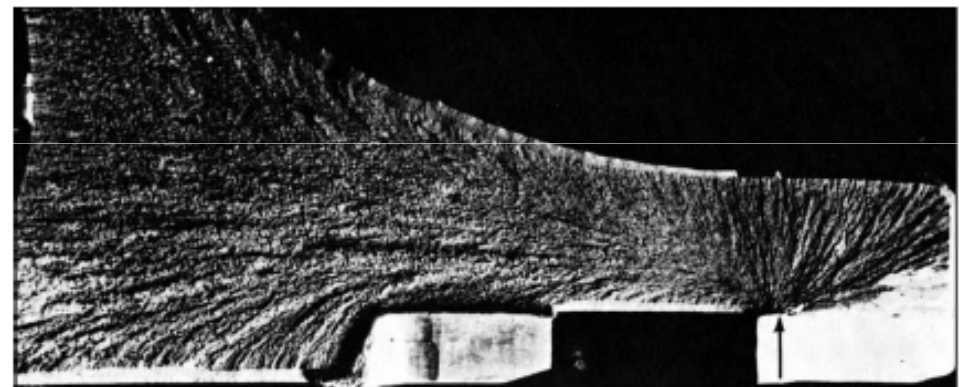
- Materiales frágiles:
 - Gran resistencia al deslizamiento (no hay grandes deformaciones).
 - Rotura por separación debido a la tensión normal de tracción.
 - Ejemplos
 - Fundiciones de hierro se fracturan según planos normales, con grano grueso y de color gris con tendencia a blanco brillante según su naturaleza.



- Fractura frágil tiene lugar en los metales en tres etapas:
- 1. La deformación plástica concentra las dislocaciones :
 - Sobre los planos de deslizamiento, en los obstáculos.
- 2. El esfuerzo cortante se acumula (en los lugares donde las dislocaciones están bloqueadas) y como resultado se nuclean microfisuras.
- 3. Un esfuerzo posterior: propaga microfisuras . La energía de deformación elástica almacenada contribuye a la propagación de las mismas.

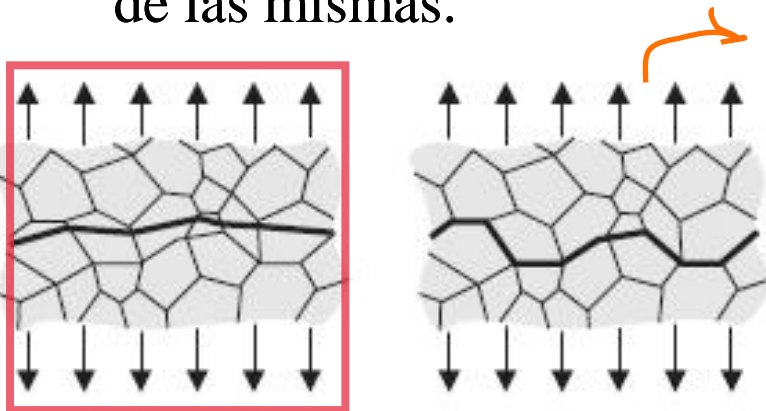


Fractura frágil por exfoliación en una fundición de hierro ferrítico dúctil. SEM, 1000x.
(Según W. L. Bradley, Texas A&M University, ASM Handbook, vol. 12, p. 237, figura 97, 1987. ASM International.)



Una abrazadera fabricada con acero 4335 con falla frágil debido a la existencia de un borde filoso.

(ASM Handbook of Failure Analysis and Prevention, vol. 11. 1992, ASM International.)



Ensayo de Tracción

Fractura por tracción

A continuación se ilustran los tipos de fracturas que se pueden dar en un ensayo de tracción.

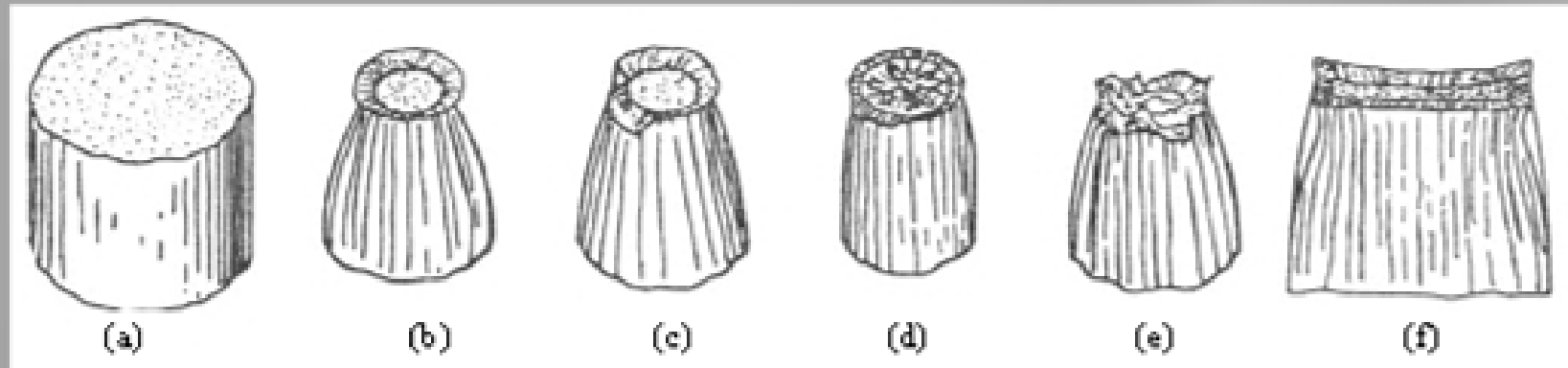


Figura 16 Tipos de facturas que se observan en un ensayo de tracción:

**(a) Cortadura, plana y granulosa, típica de un material frágil (b) Copa y Cono (c) Parcialmente copa y cono
(d) Fractura de estrella (e) Irregular fibrosa (f) Cono, cráter y sedoso (probeta plana)**

Fuente: Cortesía del laboratorio de resistencia de los materiales de la UNET

Conceptos adicionales

- *Bandes de Lüders*

