

# Información General sobre Materiales, Seguridad y Equipos para la Nanotecnología

**ESC 211**

*Traducción: Prof. Esteban Rosim Fachini – Universidad de Puerto Rico – Recinto de Río Piedras*

# **Unidad 3**

## **Visión General de Materiales**

### **Conferencia 10**

#### **Clasificando los Materiales según sus Propiedades Físicas: Propiedades Mecánicas**

# Contenido

- Las Unidades Básicas para Hacer Materiales — Átomos
- Átomos, Moléculas y Materiales
- Modos de clasificar los Materiales
  - \* Tipo de enlace químico
  - \* Orgánico e Inorgánico
  - \* Fase
  - \* Estructura
  - \* Propiedades químicas
  - \* Propiedades físicas

# Contenido

- **Modos de Clasificar los Materiales**
  - \* ¿Qué significa “propiedades físicas”?
  - \* Clasificando según las propiedades físicas: Propiedades Mecánicas

# Propiedades Físicas

- Las propiedades físicas son las que se pueden observar sin que la sustancia cambie químicamente.
- Una propiedad física es cualquier propiedad del material que describa una interacción con otros materiales o el ambiente que no sea química.
- Una propiedad del material puede ser constante o una función de variables tales como temperatura, presión o frecuencia de excitación.

# Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas describen la respuesta de los materiales a fuerzas externas.

Algunas cualidades mecánicas comunes:

Dúctil

Frágil

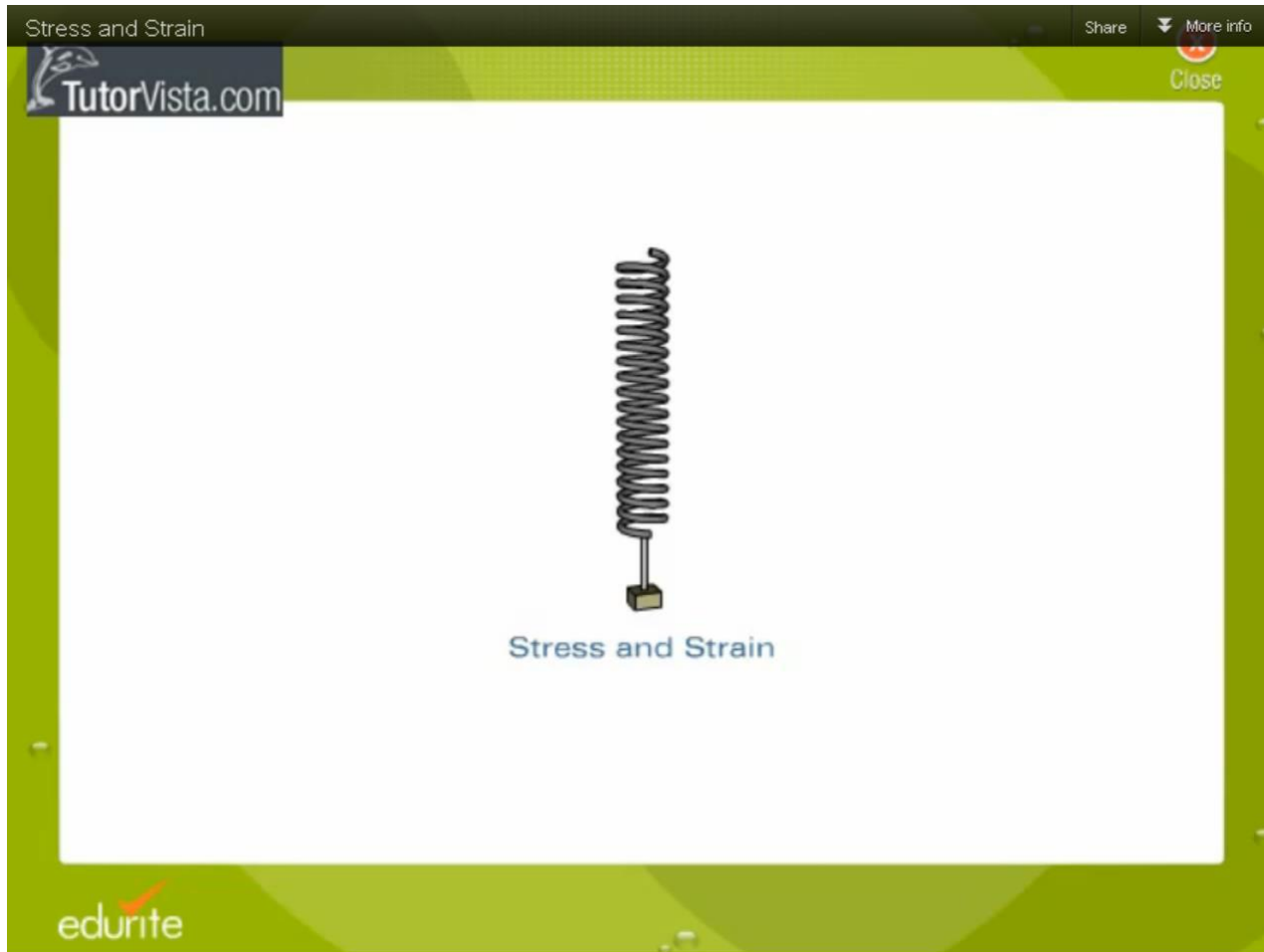
Duro

Fuerte

Elástico

Plástico

# Resumen



[http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_detailpage&v=S6gu7bzbvMqQ](http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=S6gu7bzbvMqQ)

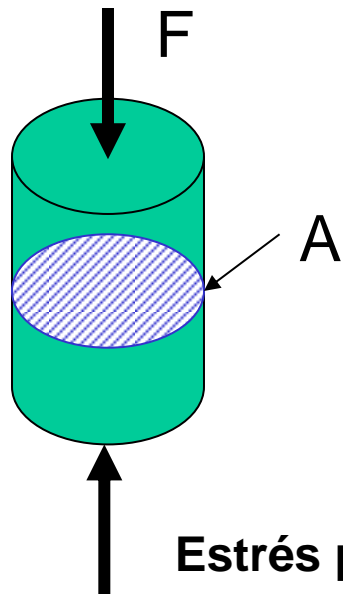
# Estrés

$$\text{Estrés}(\sigma) = \frac{F}{A}$$

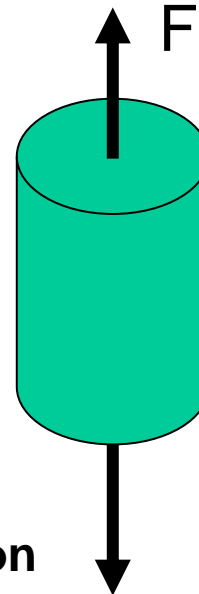
Dónde:

F = fuerza y

A = área



**Estrés por Compresión**

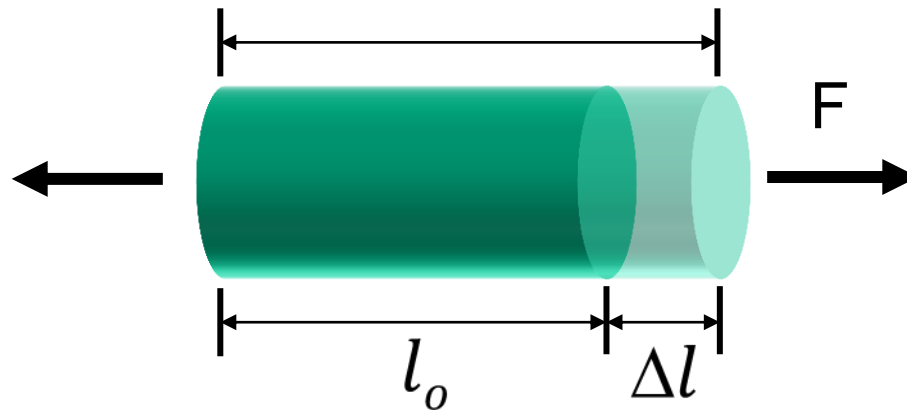


**Estrés por tracción**



# Deformación (Strain)

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



# Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas generalmente son cuantificadas mediante:

Módulo (elástico) de Young –  $Y$

Módulo Bulk –  $K$

Coeficiente de Poisson –  $\nu$

Gráfica de tensión vs. deformación

# Módulo de Young

- El módulo de Young es una **medida de la rigidez** de un material elástico y es una magnitud usada para caracterizar los materiales. Es definido como la razón de un estrés uniaxial sobre una deformación uniaxial en el rango en que la ley de Hook es aplicable.

$$\sigma = Y\epsilon$$

- El módulo de Young es medido normalmente en unidades Pascal (Pa) o psi.

# Módulo Bulk

El módulo bulk  $K$  es una medida de la contracción de volume  $\frac{\Delta V}{V}$  de un material sujeto a la compresión hidrostática  $\sigma_{hid}$

$$\sigma_{hid} = K \left( \frac{\Delta V}{V} \right)$$

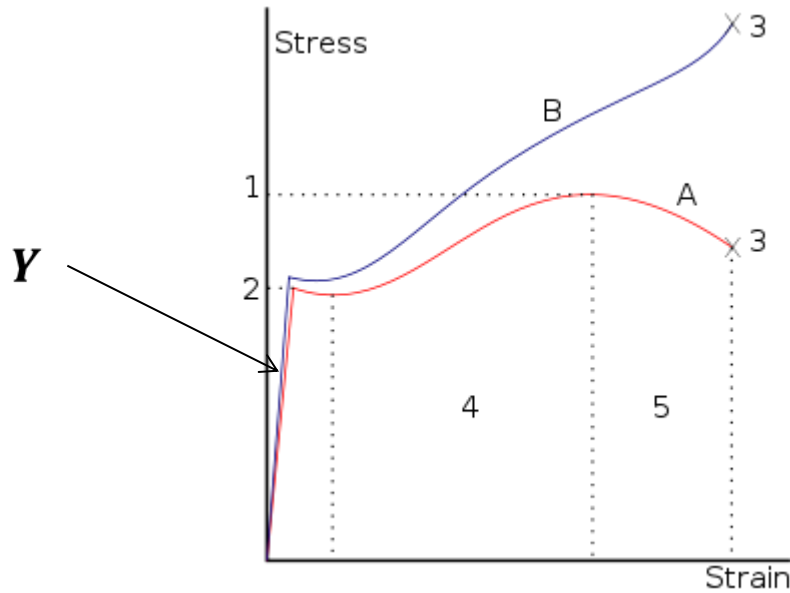
- El módulo bulk se mide normalmente en unidades Pascal (Pa) or psi.

# Coeficiente de Poisson

El coeficiente de Poisson  $\nu$  caracteriza **los cambios en las dimensiones laterales** que ocurren cuando se aplica una tensión en la dirección  $x$  en un material. Esto produce una deformación  $\epsilon_x$  y deformaciones laterales  $\epsilon_y$  y  $\epsilon_z$ . Si el material es isotropico,  $\epsilon_y = \epsilon_z$  y entonces

$$\nu = -\frac{\epsilon_x}{\epsilon_y}$$

# Tensión vs. deformación



**La curva tensión-deformación:**

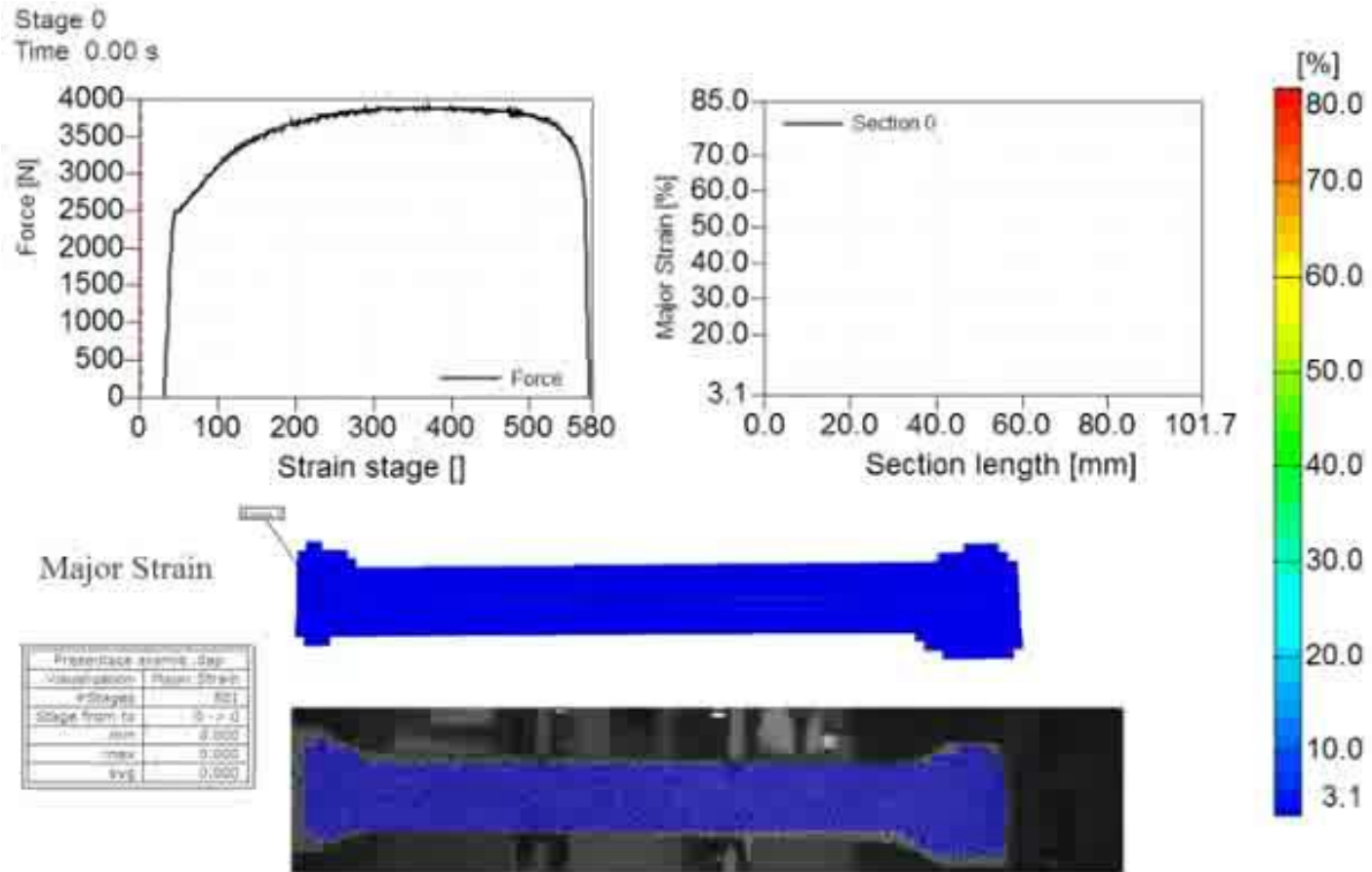
- 1. Resistencia máxima a tracción**
- 2. Punto de deformación plástica**
- 3. Ruptura**
- 4. Región de endurecimiento por tensión**
- 5. Región de estrechamiento.**

**A: Tensión aparente ( $F/A_0$ )**

**B: Tensión real**

From: [http://en.wikipedia.org/wiki/Stress%E2%80%93strain\\_curve](http://en.wikipedia.org/wiki/Stress%E2%80%93strain_curve)

# Ensayo de Tracción Simulado



Stage 0  
**ARAMIS**

**gom**  
www.gom.com

<http://www.youtube.com/watch?v=eSJfjXpocLg>

# Ensayo de Tracción

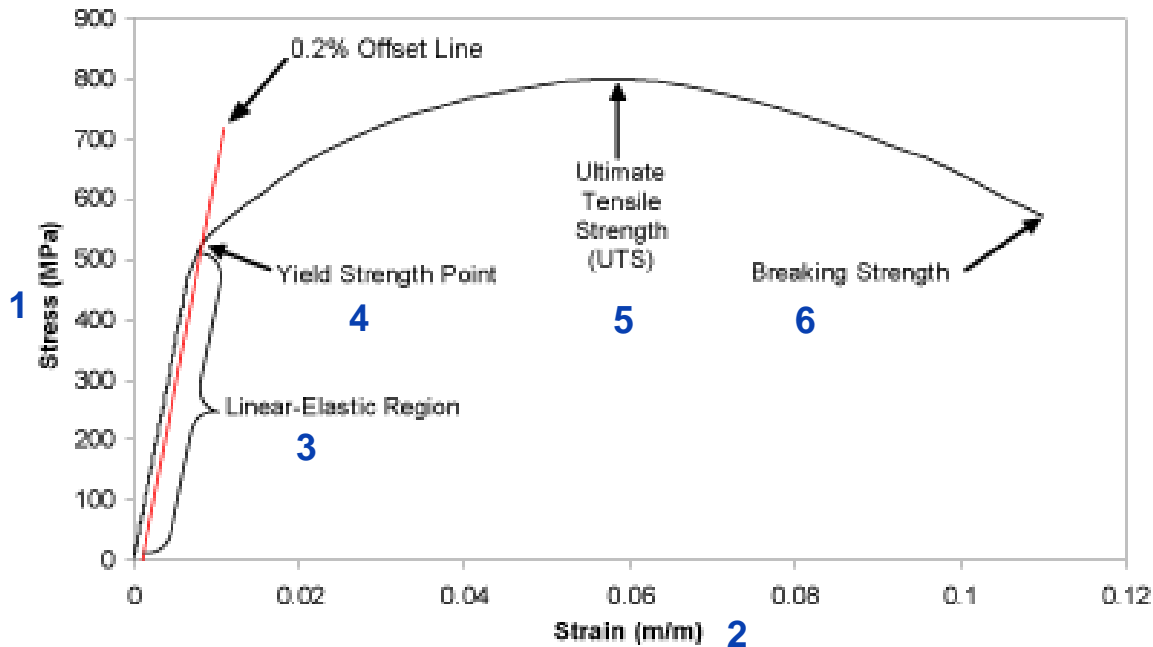


## ASTM D638 Tensile Testing of Plastics (HDPE)

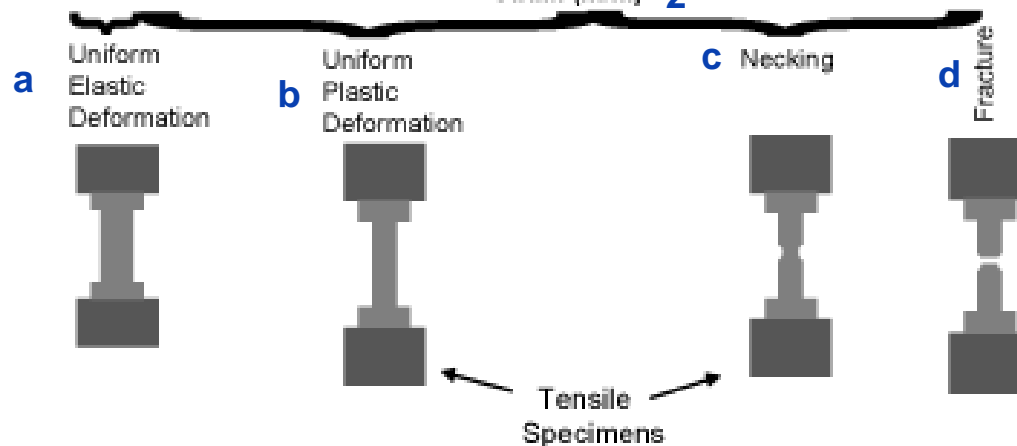
©2005 Daniel Samborsky  
Chemical and Biological Engineering Department



# Curva Tensión-Deformación



- 1 – Tensión
- 2 – Deformación
- 3 – Región elástica lineal
- 4 – Punto de deformación plástica
- 5 – Resistencia máxima a tracción
- 6 – Tracción de ruptura



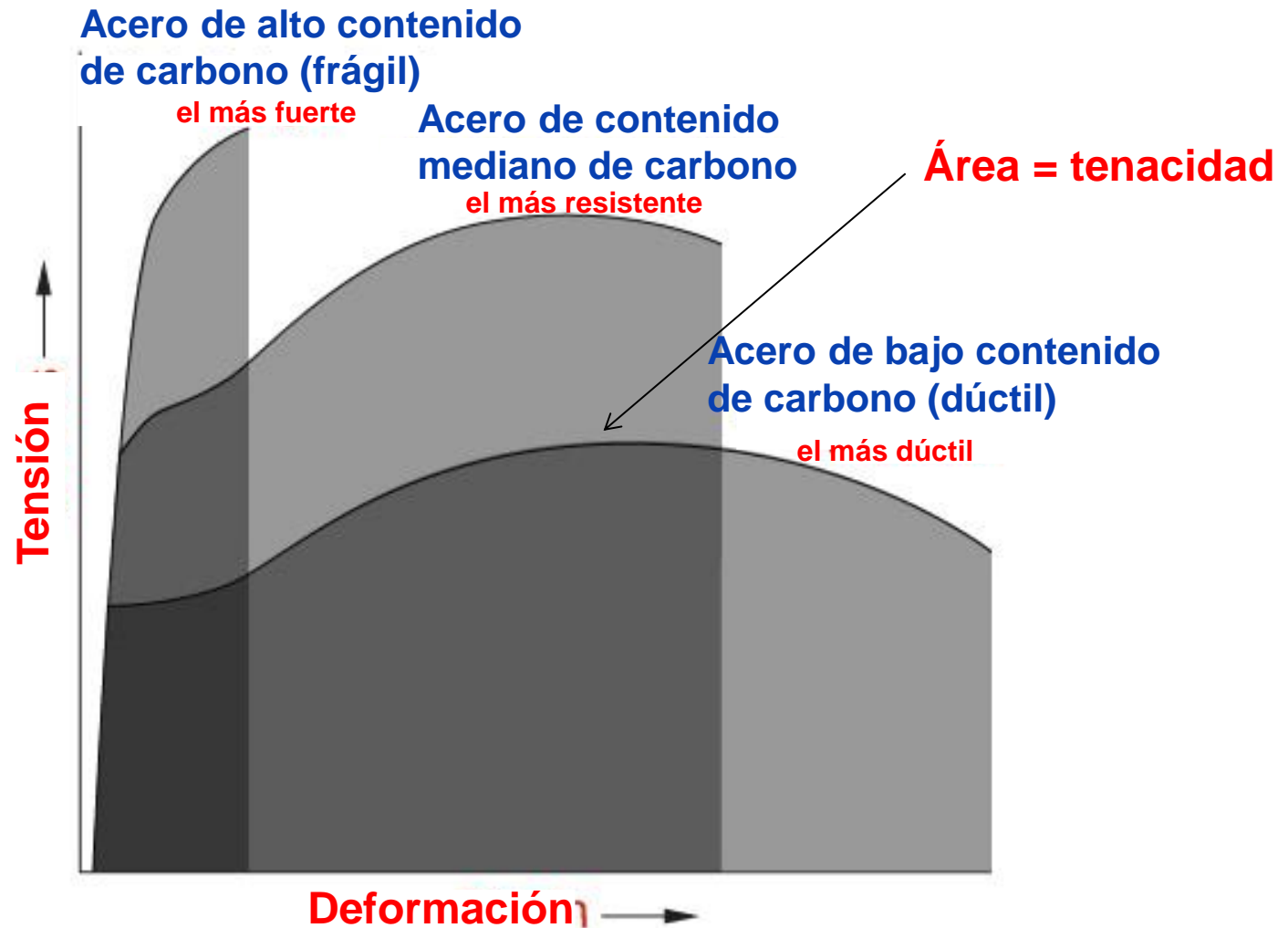
- 1 – Deformación elástica uniforme
- 2 – Deformación plástica uniforme
- 3 – Estrechamiento
- 4 – Ruptura

# Materiales Dúctiles vs. Frágiles

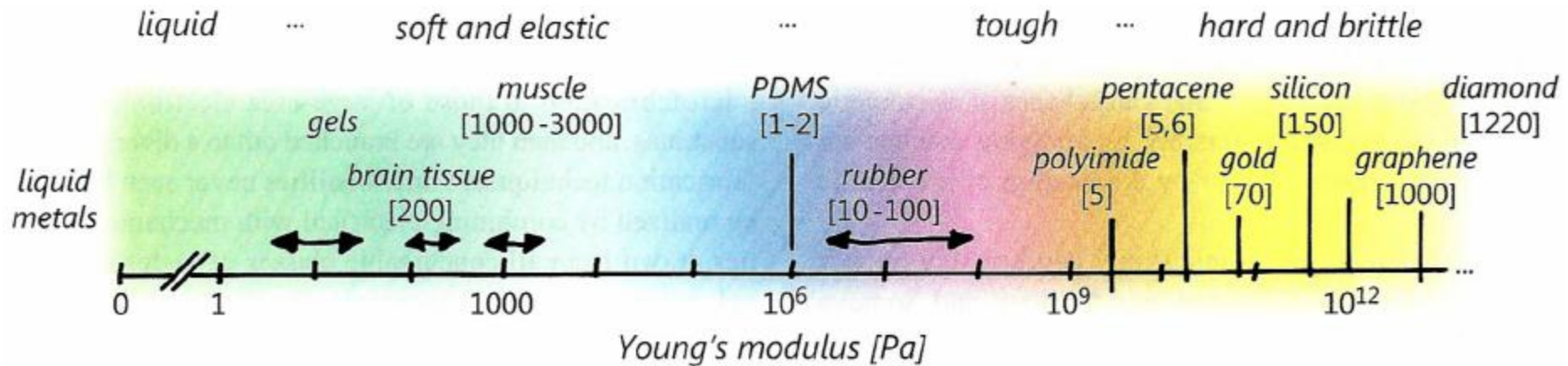
**Materiales dúctiles** – los que se elongan bastante antes de romperse (*a temperaturas normales*). Pueden absorber mucha energía antes de partirse.

**Materiales frágiles** – los que se deforman inelásticamente muy poco. Los materiales que se rompen a tensiones relativamente bajas son considerados frágiles.

# Propiedades Mecánicas



# Módulo de Young de Varios Materiales



Los números en los corchetes están en Pa para materiales blandos, MPa para los resistentes (“tough”) y GPa para los duros.

MRS Bulletin, Volume 37, 208, [www.mrs.org/bulletin](http://www.mrs.org/bulletin), March 2012

El módulo de Young ofrece una escala indicativa para el escrutinio de las propiedades mecánicas de los materiales. Los geles son mecánicamente parecidos a los tejidos cerebral (200 Pa) y muscular (1000-3000 Pa). El polidimetilsiloxano (PDMS), un elastómero\* muy común, elastómeros electroactivos, y otras gomas varían de 1 a 100 MPa; polímeros y semiconductores orgánicos tienen módulos en el intervalo de GPa.

MRS Bulletin, Volume 37, 208, [www.mrs.org/bulletin](http://www.mrs.org/bulletin), March 2012

\* Un elastómero es un polímero con un módulo de Young pequeño y una gran capacidad de deformación en comparación con otros materiales. El término proviene de los polímeros elásticos.

Los elastómeros tienen un módulo de Young  $Y$  pequeño en el intervalo de 1-100 MPa y un Módulo bulk  $K$  del orden de 1-10 GPa, que son comparables a los de los polímeros comunes. Tales materiales altamente elásticos se estiran fácilmente al aplicarse fuerzas mecánicas, mientras que su volumen se mantiene constante.

MRS Bulletin, Volume 37, 208, [www.mrs.org/bulletin](http://www.mrs.org/bulletin), March 2012

Sólidos que típicamente tienen módulos de Young grandes y por lo tanto no se pueden estirar mucho reversiblemente sin se deformar plásticamente o romperse. Oro (70 GPa); silicio (150 GPa); uno de los sólidos más duros, el carbono de tipo diamante (DLC, 500 GPa), y uno de los materiales más fuertes conocidos, el grafeno (1000 GPa a lo largo de su plano), completan el espectro de materiales visto en nuestra encuesta.

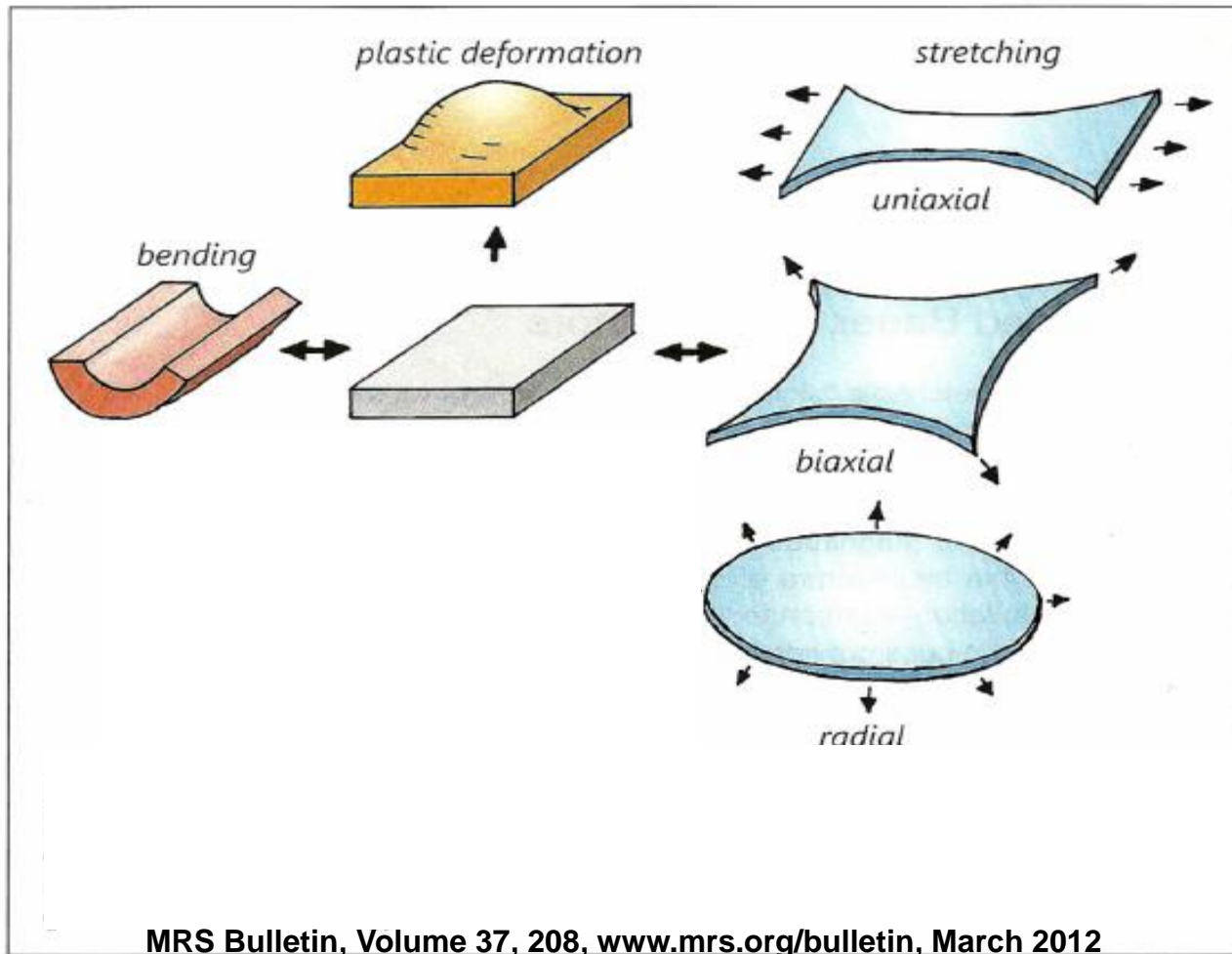
MRS Bulletin, Volume 37, 208, [www.mrs.org/bulletin](http://www.mrs.org/bulletin), March 2012

Cuando se combinan sustratos elásticos con materiales plásticos o frágiles para hacer los dispositivos, se logran resultados sorprendentes con tales contrastes de propiedades mecánicas. Un sólido duro, cuando está unido a un polímero, puede llegar a ser sorprendentemente deformable.

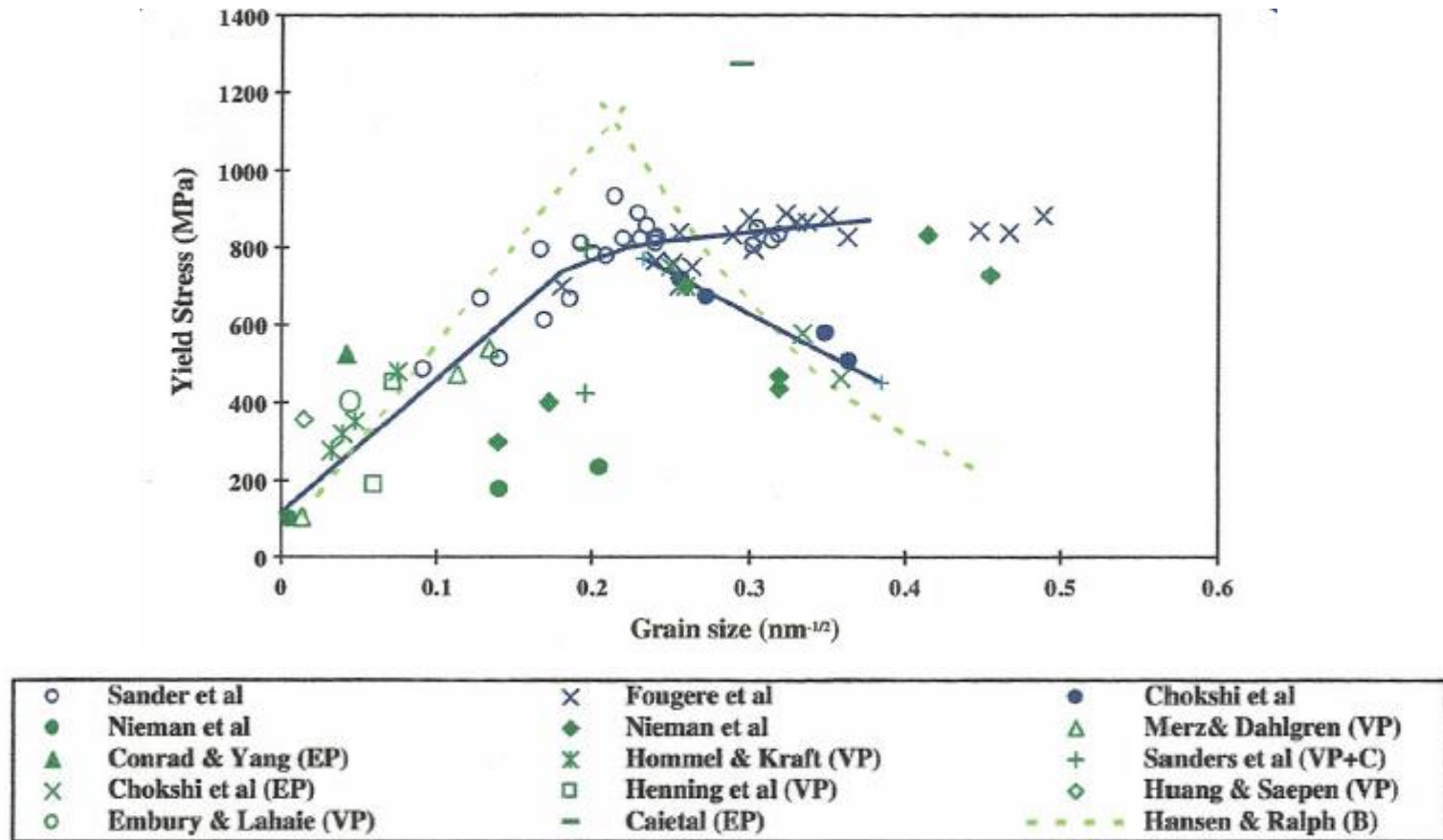
MRS Bulletin, Volume 37, 208, [www.mrs.org/bulletin](http://www.mrs.org/bulletin), March 2012



# Tensiones Más Complicadas



# La Escala Puede Afectar a las Propiedades Mecánicas



Gráfica de datos compilados de varios autores para la tensión que inicia la deformación plástica (“yield stress”) vs. el tamaño de grano para el Cu variando desde nanogranos hasta bastante grandes. Las curvas muestran diferentes tendencias cuando el tamaño de grano cae por debajo del tamaño crítico.

Debido a los efectos tales como los que se observan en la diapositiva anterior, hay mucho interés en las propiedades mecánicas de los dispositivos de nanoescala y materiales nano-cristalinos.