

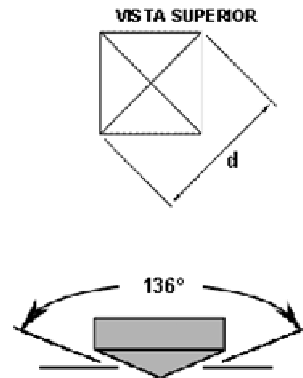
## Ensayo de dureza

### Ensayo VICKERS

**Indentador:** Pirámide de diamante

**Carga = P**

**Fórmula:**  
 $HVN = 1,72 \frac{P}{d^2}$



## Ensayo de dureza

### Ensayo ROCKWELL A, C, D

**Indentador:** Cono de diamante (HRA, HRC, HRD)

**Carga:**

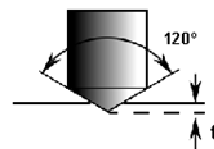
$$P_A = 60 \text{ Kg}$$

$$P_C = 150 \text{ Kg}$$

$$P_D = 100 \text{ Kg}$$

**Formula:**

HRA, HRC, HRD = 100 - 500t



## Ensayo de dureza

### Ensayo ROCKWELL B, F, G, E

#### Indentador:

Esfera de acero  $f = 1/16$  " (HRB, HRF, HRG)

Esfera de acero  $f = 1/8$  " (HRE)

#### Carga:

$P_B = 100$  Kg

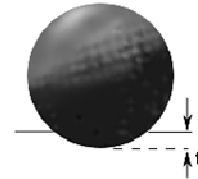
$P_F = 60$  Kg

$P_G = 150$  Kg

$P_E = 100$  Kg

#### Formula:

HRB, HRF, HRG, HRE =  $130 - 500t$



## Ensayo de dureza

Tabla 1: Escalas de dureza Rockwell

Escala	Carga mayor (kg)	Tipo de marcador de muescas	Materiales típicos probados
A	60	Cono de diamante	Materiales duros en extremo, CW, etc.
B	100	Bola de 1/16"	Materiales de dureza media, aceros de bajo y medio C, latón, bronce, etc
C	150	Cono de diamante	Aceros endurecidos, aleaciones endurecidas y revenidas (tratadas).
D	100	Cono de diamante	Acero superficialmente cementado.
E	100	Bola de 1/8"	Hierro fundido, aleaciones de aluminio y magnesio.
F	60	Bola de 1/16"	Bronce y cobre recocidos.
G	150	Bola de 1/16"	Cobre al berilio, bronce fosfórico, etc.
H	60	Bola de 1/8"	Placa de aluminio.
K	150	Bola de 1/8"	Hierro fundido, aleaciones de aluminio.
L	60	Bola de 1/4"	Plásticos y metales suaves, como el plomo.
M	100	Bola de 1/4"	Igual que la escala L.
P	150	Bola de 1/4"	Igual que la escala L.
R	60	Bola de 1/2"	Igual que la escala L.
S	100	Bola de 1/2"	Igual que la escala L.
V	150	Bola de 1/2"	Igual que la escala L.

**Tabla n° 2:** Aplicaciones típicas de las pruebas de dureza por indentación

BRINELL	ROCKWELL	ROCKWELL SUPERFICIAL	VICKERS	MICRODUREZA
Acero estructural y otras secciones laminadas.  La mayor parte de las fundiciones, incluyendo el acero, Fe fundido y aluminio.  La mayor parte de los fraguados.	Partes acabadas, tales como cojinetes, válvulas, tuercas, pernos, engranajes, poleas, rodillos, pasadores, pivotes, topes, etc.  Herramientas de corte, tales como sierras, cuchillas, cincelos, tijeras.	Las mismas que las Rockwell estándar, excepto donde se requiere una penetración menos profunda como en:  Partes cementadas delgadas hasta 0.01 pulg.  Materiales delgados hasta 0.005 pulg.	Las mismas que para la Rockwell y Rockwell superficial, excepto donde se requiere más exactitud o menor penetración como en:  Partes cementadas delgadas, de 0.005 a 0.010 pulg.	Superficies plateadas.  Revestimientos como laca, barniz o pintura.  Láminas delgadas y materiales muy delgados, hasta de 0.0001 pulg.  Para establecer los gradientes de endurecimiento.
	Alambre de diámetro grande.  Contactos eléctricos.  Hojas o partes plásticas.  Partes cementadas.  Carburos cementados.		Sección de operación de remoción.  Secciones delgadas, tales como tuberías.  Estructuras débiles.  Espesor del chapeado.	Para determinar la dureza de la frontera del mismo.

**Existe una Escala Comparativa de Grados de Dureza con una Estimación de la Resistencia a la Tracción**

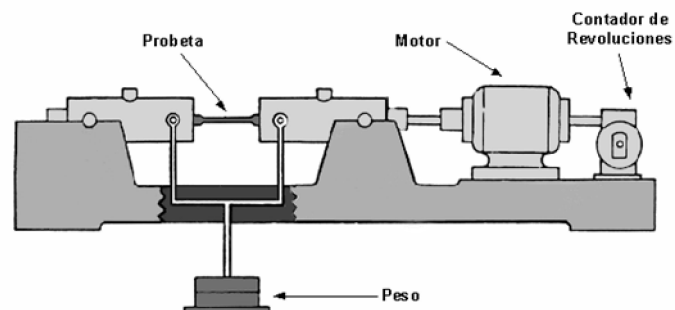
- Qué pasa con la dureza cuando aumenta la temperatura?
- Para qué es importante?

## FATIGA

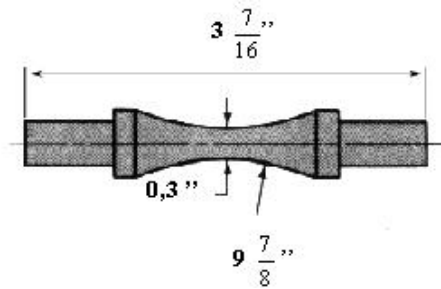
Cargas cíclicas o esfuerzos cíclicos o periódicos que hacen que la pieza falle por debajo del nivel de esfuerzo en el cual fallaría por carga estática..

Ej.: Engrane o un dado.

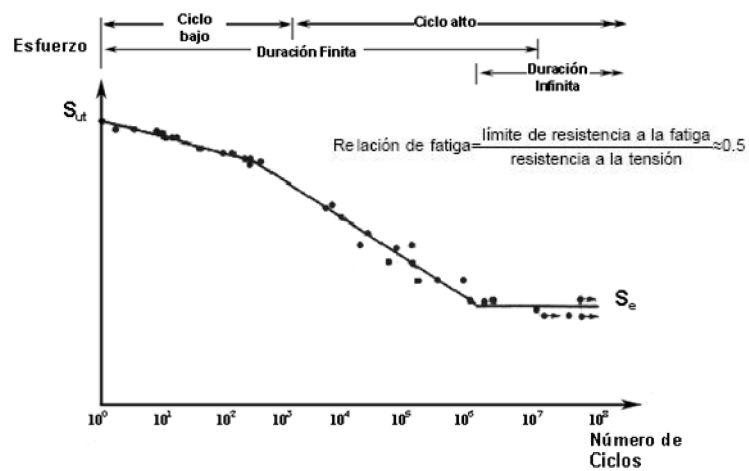
## Ensayo de fatiga

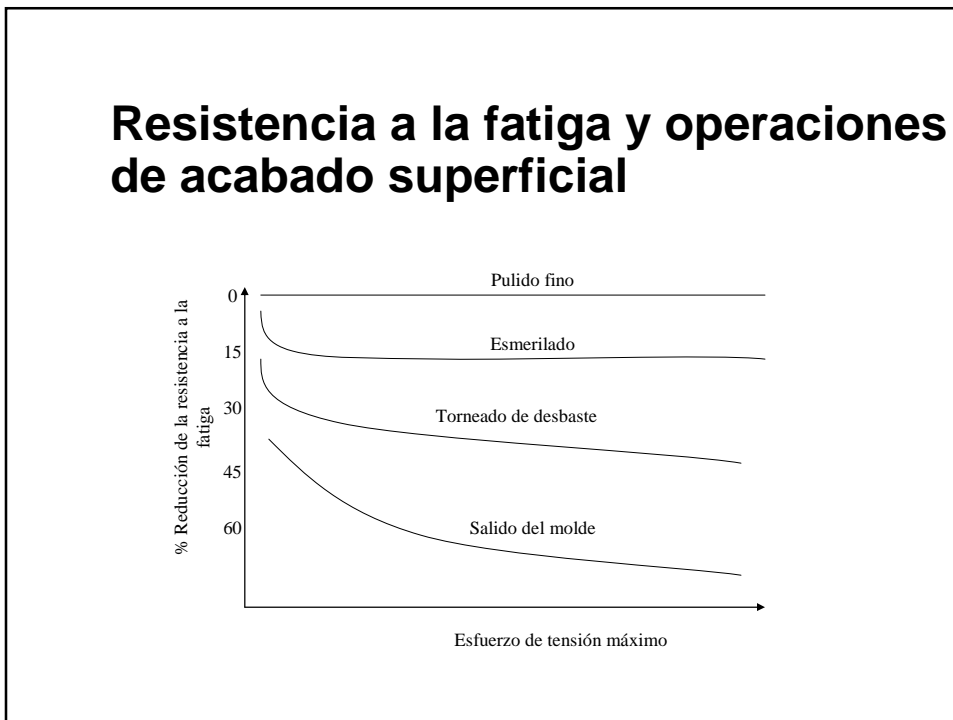
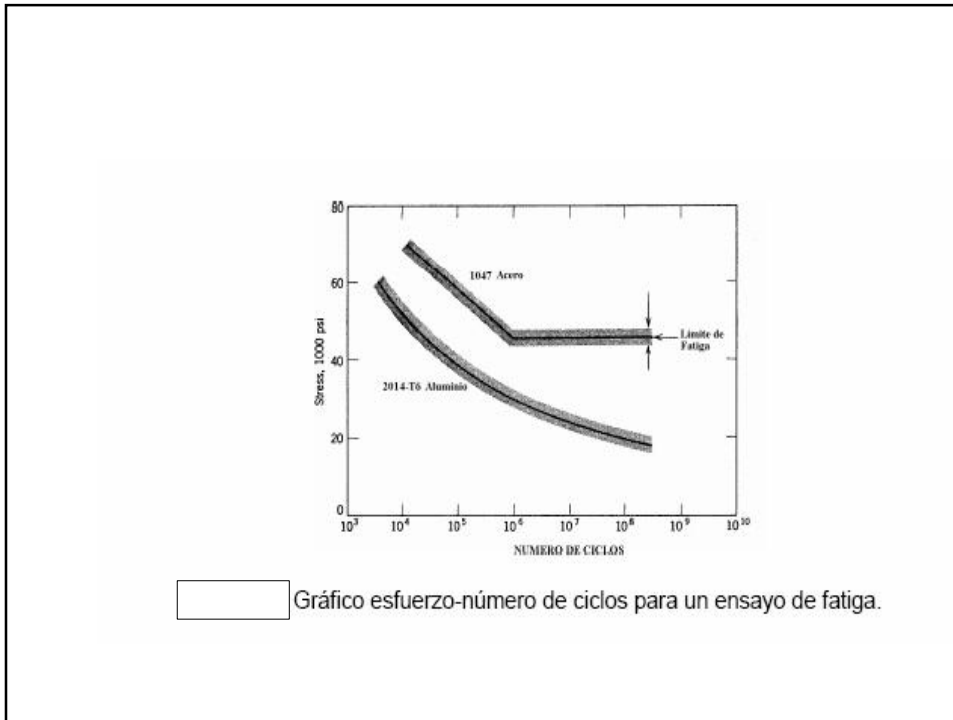


## Dimensiones estándar de la probeta



## Resistencia limite a la fatiga

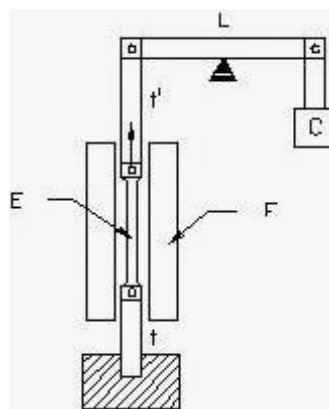




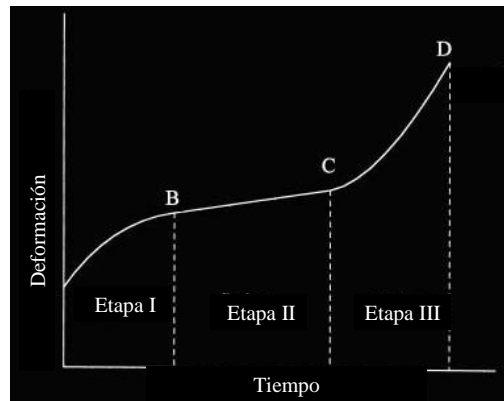
## Cedencia o creep

- Elongación permanente de un componente bajo carga estática mantenida durante cierto periodo de tiempo.
- Es especialmente importante en aplicaciones de alta temperatura. (Ejm. Herramientas y Dados).
- Incrementa con la temperatura y la carga aplicada.
- La resistencia a la cedencia se incrementa con la temperatura de fusión del material.

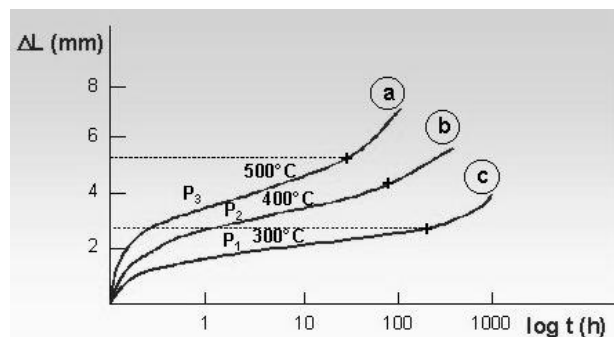
## Cedencia o creep



### Curva de Cedencia o Creep.



### Curva de Cedencia o Creep.



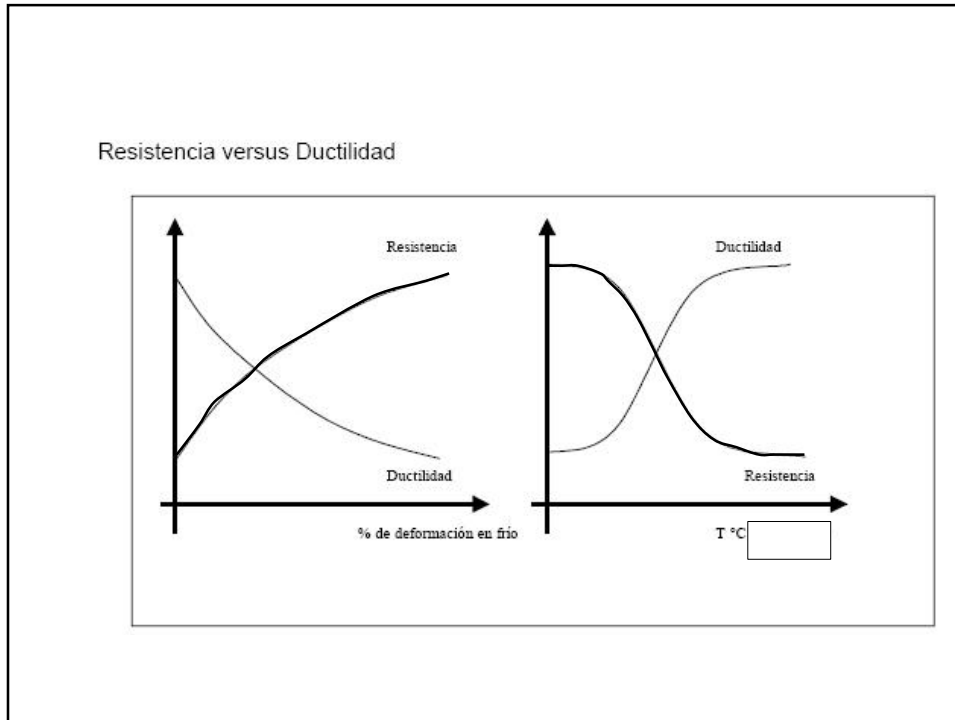


## **Conclusión**

- Los ensayos de impacto determinan la energía requerida para la ruptura, esta energía se conoce como tenacidad al impacto del material. Los ensayos por impacto también son útiles para determinar la temperatura de transición de un material dúctil a frágil.
- Se utiliza una diversidad de ensayos de dureza para determinar la resistencia del material contra la indentación o rayaduras permanentes. La dureza está relacionada con la resistencia mecánica y la resistencia al desgaste.

## **Conclusión**

- Los ensayos de fatiga indican límites de resistencia a la fatiga o límites de fatiga de los materiales, esto es el esfuerzo máximo al cual se puede sujetar un material sin que exista falla por fatiga, independientemente del número de ciclos.
- La cedencia es la elongación permanente de un componente bajo carga estática mantenida durante cierto periodo de tiempo. El espécimen finalmente falla por ruptura.

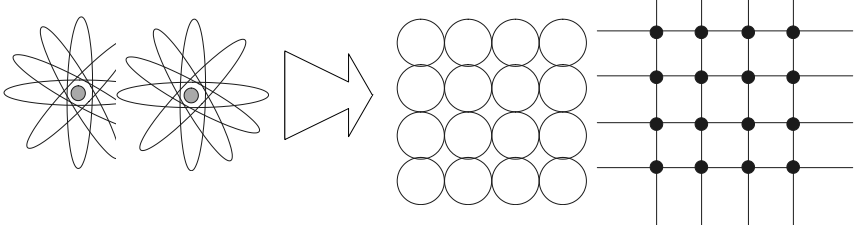


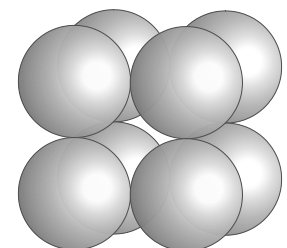
### Comportamiento del material en función de la temperatura de trabajo

- Los materiales a baja temperatura tienen alta resistencia y baja ductilidad.
- Los materiales a alta temperatura tienen baja resistencia y alta ductilidad.
- La temperatura que divide un trabajo en caliente de uno en frío es la temperatura de recristalización ( $0.5 T_m$ ). Aquí el líquido amorfo pasa a formar un sólido cristalino

### Estructuras cristalinas.

- Planos cristalográficos:
 

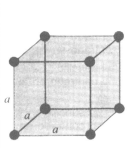
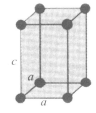
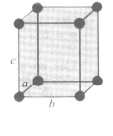
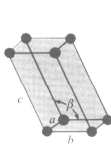
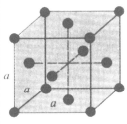
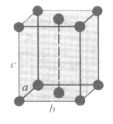
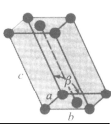
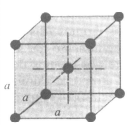
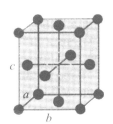
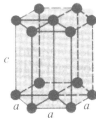
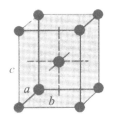
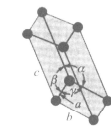

- Celdas unitarias o retículos:
  - La menor agrupación de cationes.
  - Simetría con la red cristalina.
  - Distribución homogénea.



### Estructuras cristalinas.

- Redes cristalinas:
 

Existen 7 sistemas cristalinos que forman un total de 14 tipos de redes cristalinas

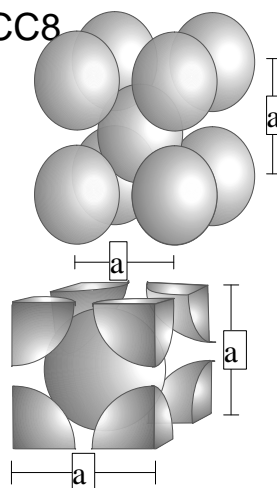
			
	<b>Tetragonal</b>		
	<b>Romboédrica</b>		<b>Monoclínica</b>
<b>Cúbico</b>			
	<b>Hexagonal</b>	<b>Ortorrómbica</b>	<b>Triclínica</b>

### Estructuras cristalinas.

- Cúbica Centrada en el Cuerpo CC8

- Perfectamente cúbica.
- Un solo parámetro reticular.
- Le corresponden 2 cationes.
- Numero de coordinación = 8
- El catión central es colineal con los cationes de esquina.
- El catión central toca a todos los cationes.
- Los cationes de esquina no se tocan entre si.
- Todos los cationes son equivalentes.
- Posee 4 direcciones compactas

Ejemplos:  $Fe\alpha$ , Tungsteno (W), Vanadio, Sodio, Cromo, Molibdeno, titanio-B

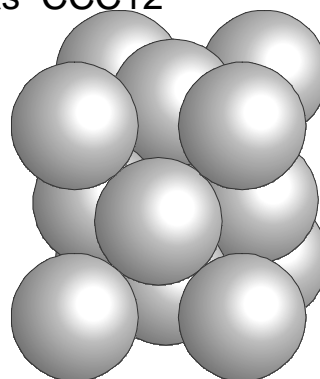


### Estructuras cristalinas.

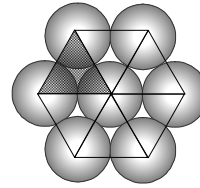
- Cúbica Centrada en las caras CCC12

- Perfectamente cúbica.
- Un solo parámetro reticular.
- Le corresponden 4 cationes.
- Numero de coordinación = 12
- Todos los cationes son equivalentes.
- El catión de centro de cara es colineal y toca a los cationes de esquina.
- Posee 6 direcciones compactas
- Son 4 los planos compactos.
- Los cationes de centro de cara se tocan entre si.

Ejemplos: Oro, Plata, Aluminio, Fe $\gamma$ , Platino, Cobre



## Estructuras cristalinas.

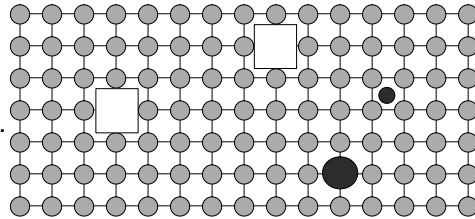


- Prisma recto de base hexagonal (6  $\Delta$  equiláteros).
  - Posee dos parámetros reticulares; a y c.
  - La relación axial 1,58~1,88
  - Le corresponden 6 cationes.
  - Numero de coordinación = 12
  - Todos los cationes son equivalentes.
  - Los 3 cationes de mitad de altura se tocan entre si.
  - El catión central toca a los cationes de esquina.
- 
- Ejemplos: Magnesio, Zinc, Berilio, cadmio, titanio-alfa.

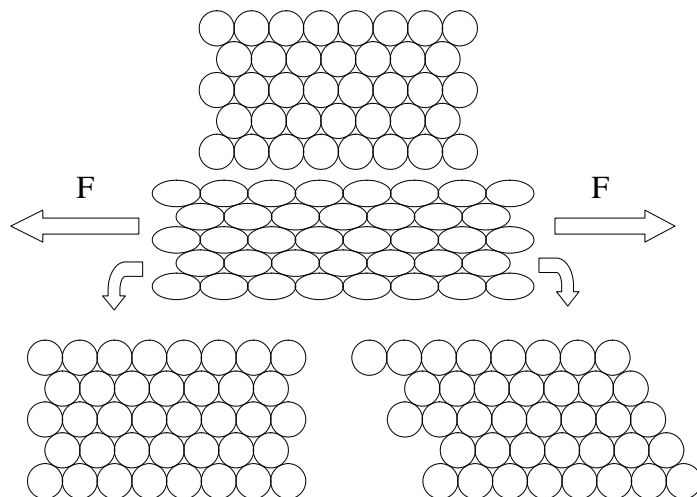


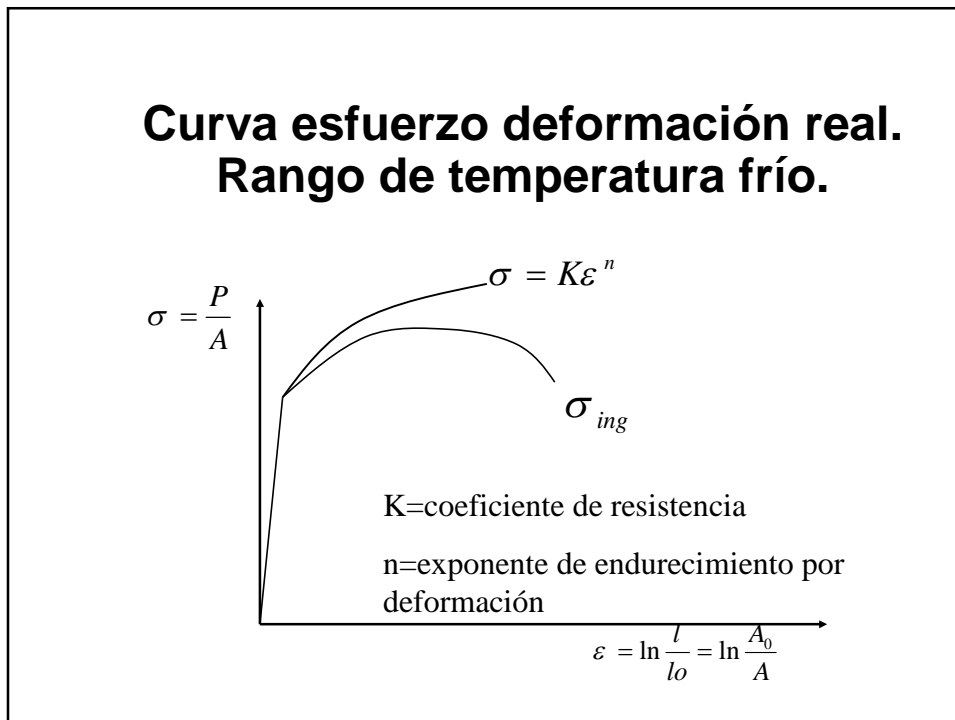
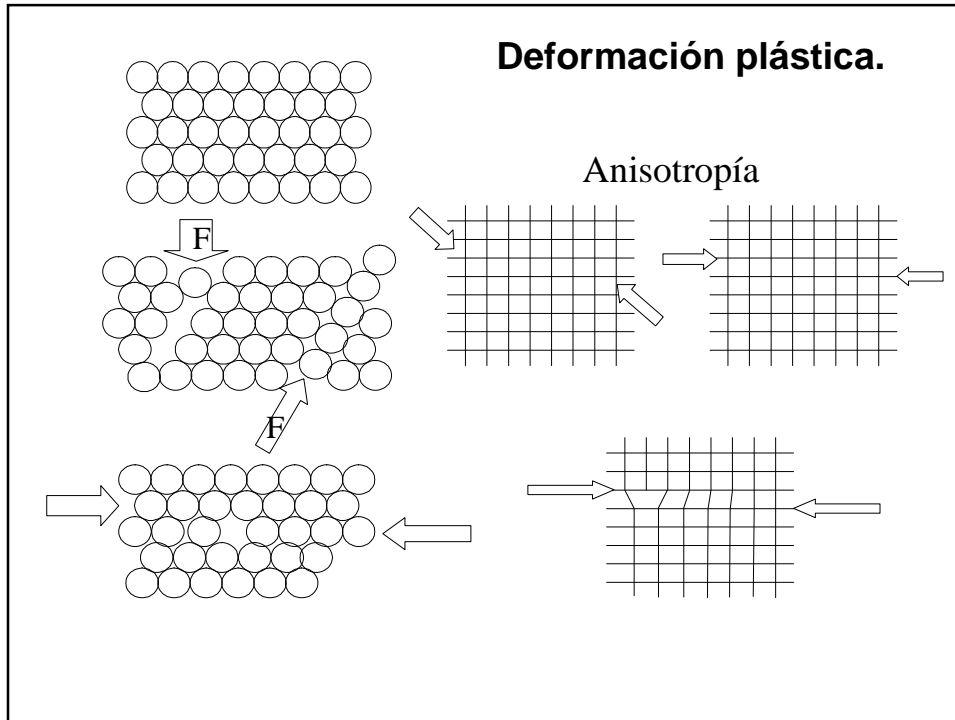
### Defectos Puntuales y difusión

- Vacancias.
- Atomos intersticiales.
- Atomos Sustitucionales.

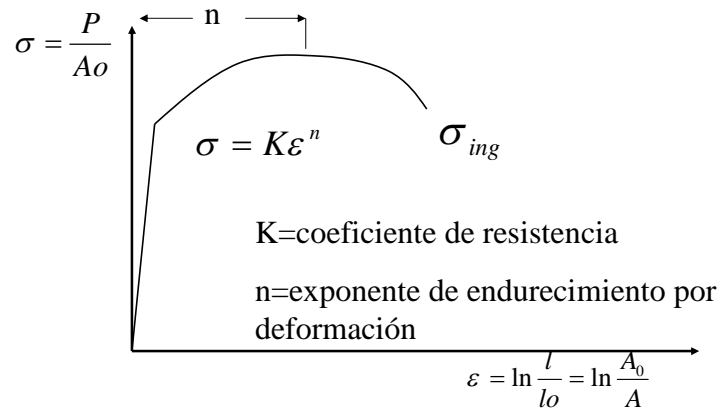


### DEFORMACIÓN ELÁSTICA Y PLÁSTICA.

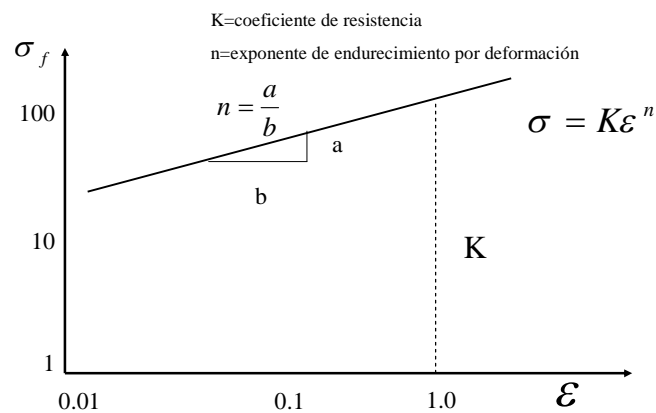




### Curva esfuerzo deformación. Rango de temperatura frío.

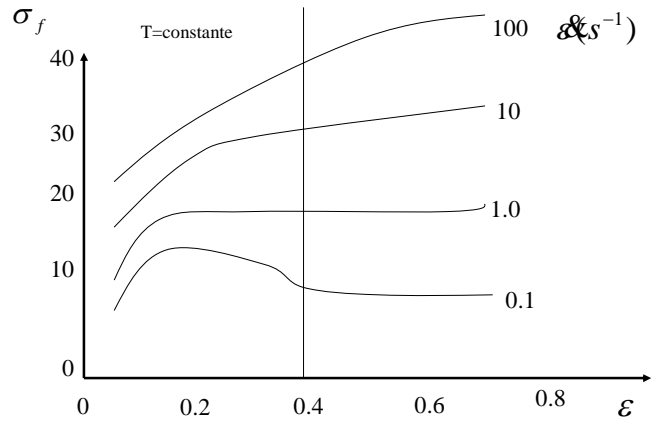


### Esfuerzo de fluencia en función de la deformación en frío

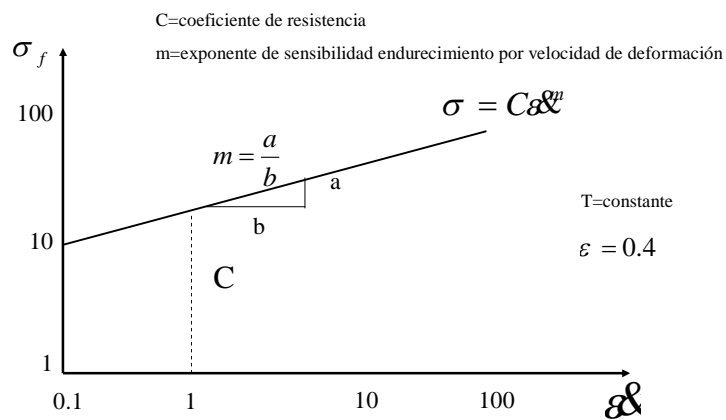




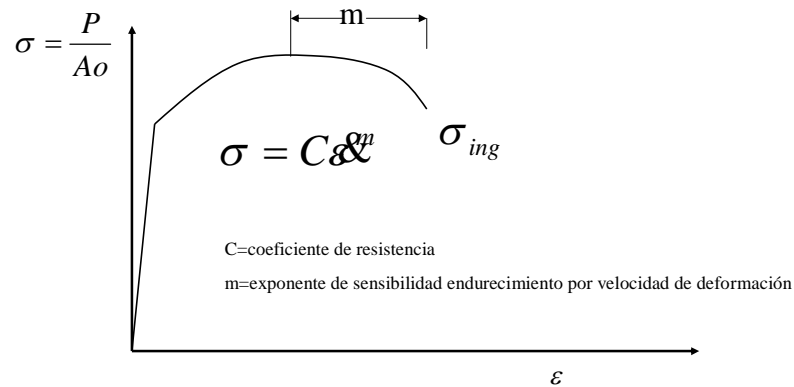
### Esfuerzo de fluencia en función de la deformación y la velocidad de deformación



### Esfuerzo de fluencia en función de la la velocidad de deformación



### Curva esfuerzo deformación. Influencia de m en trabajo en caliente.



### Valores del exponente m

Trabajo en frío:  $m=(-0.05 \text{ y } 0.05)$

Trabajo en caliente:  $m=(0.05 \text{ y } 0.3)$

Superplasticidad:  $m=(0.3 \text{ y } 0.7)$

## **Ductilidad**

- Un valor elevado de  $m$  significa que se requieren esfuerzos mayores pero que se obtendrán deformaciones mayores.
- La elongación total se eleva con un valor mayor de  $n$  y un valor mayor de  $m$ .

## **Conclusiones**

- Se requiere pasar el esfuerzo de fluencia para mantener la deformación plástica.
- En conformado en frío el esfuerzo de fluencia se incrementa y la ductilidad disminuye con el endurecimiento por deformación el cual suele ser función de potencia de la deformación. La anisotropía puede modificar este comportamiento.
- El trabajo en frío se puede explotar para hacer un producto más fuerte y menos dúctil.

## **Conclusiones**

- En el trabajo en caliente ocurren procesos de endurecimiento por deformación y restauración simultáneamente. Como la restauración toma tiempo el esfuerzo de fluencia se convierte en una función de la velocidad de deformación y la temperatura.
- La ductilidad con deformación uniforme se incrementa con el endurecimiento por deformación, mientras que la deformación no uniforme se hace mayor con la velocidad de deformación.