

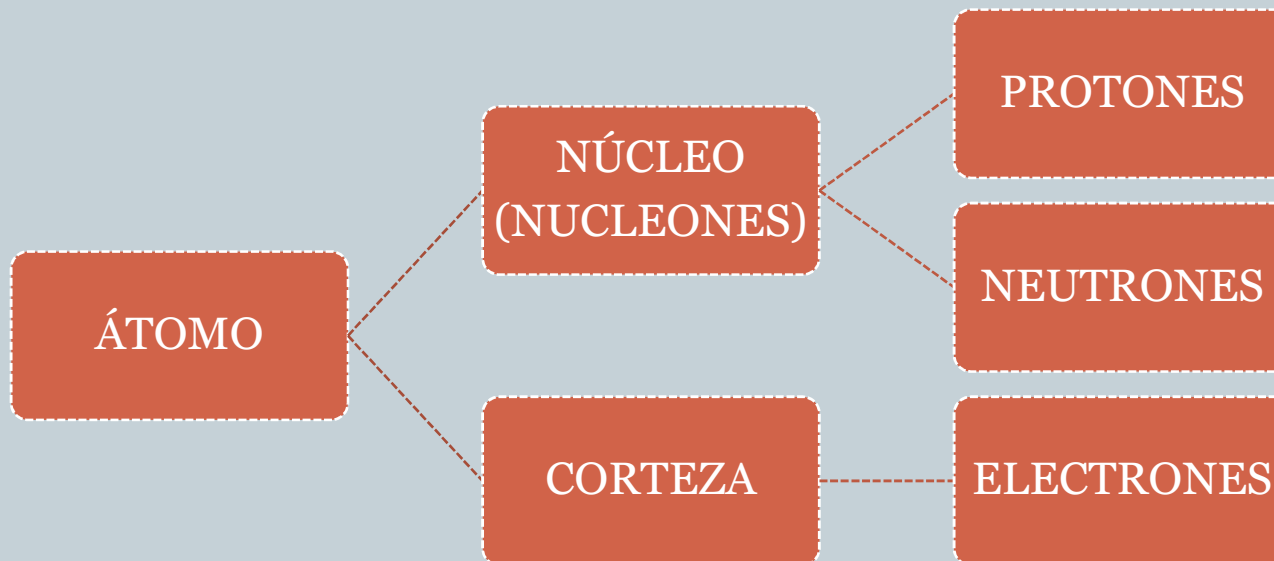


**UNIDAD 1.  
ESTRUCTURA DE LOS  
MATERIALES.  
PROPIEDADES Y ENSAYOS  
DE MEDIDA.**

# EL ÁTOMO



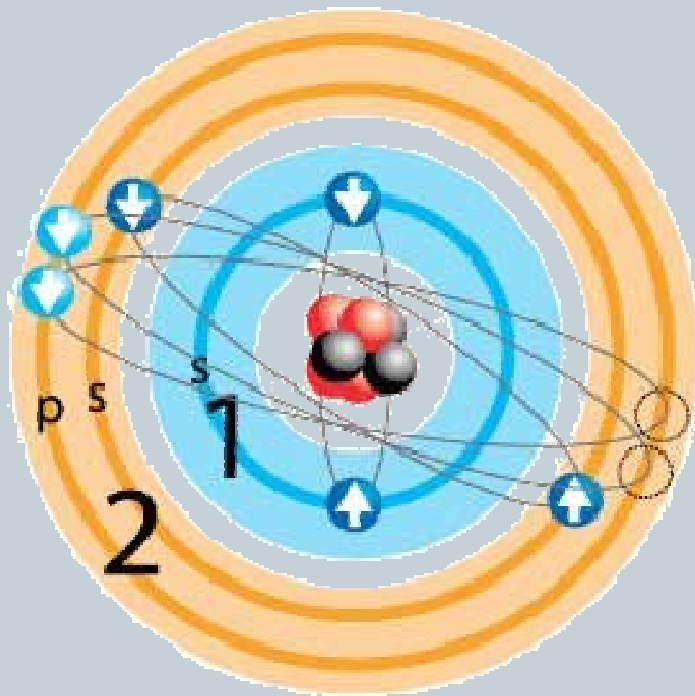
- **DEFINICIÓN:** Mínima cantidad de materia que experimenta cambios químicos



# La corteza



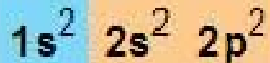
- Está formada por electrones en niveles energéticos.



Si a un electrón se le da energía, salta a un nivel energético superior.

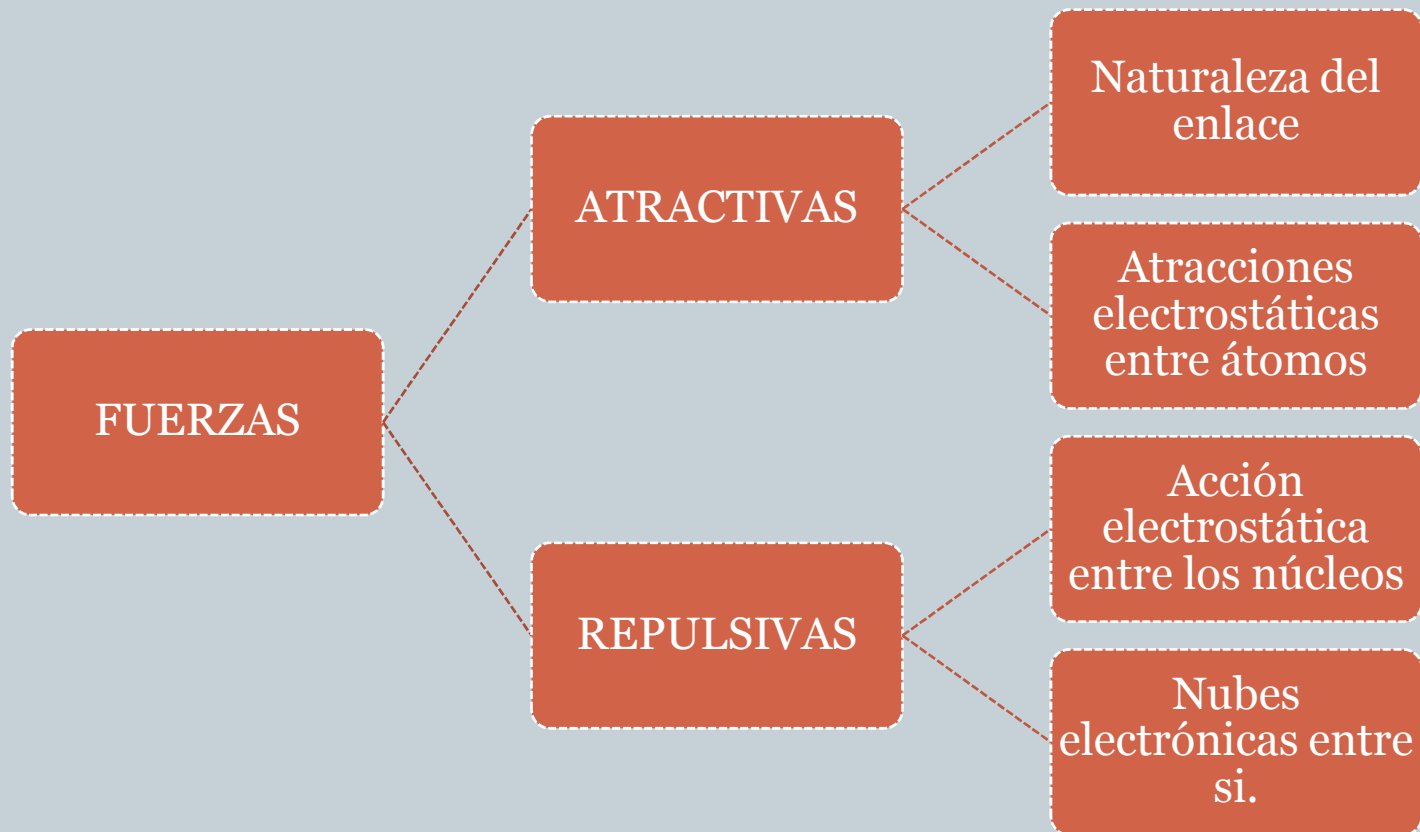
Cuando un electrón salta a un nivel energético inferior emite energía.

6 - Carbono (C)



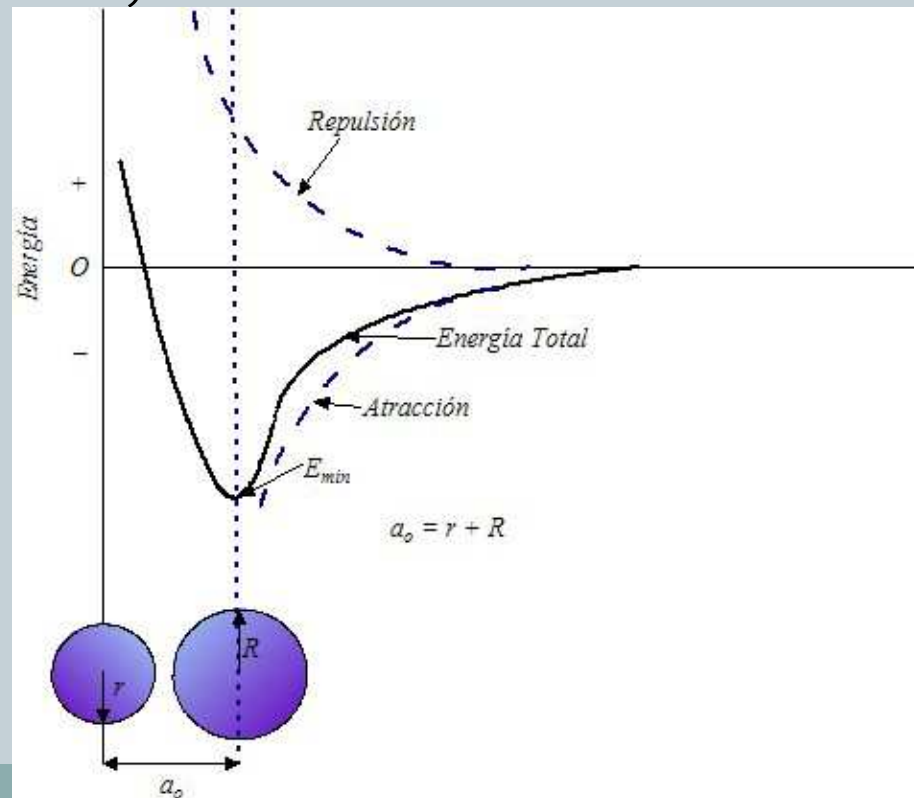
# Fuerzas y energías de interacción entre átomos

- Tipos de fuerzas.



# Energía de enlace

- Es la energía necesaria para separar los átomos o moléculas que forman el enlace una distancia infinita, es decir, destruir el enlace.



# Estructura electrónica y reactividad química


Período	Grupo																18		
	1											17	16	15	14	13	2		
1	1 H Hidrógeno											10 Ne Neón	9 F Flúor	8 O Oxígeno	7 N Nitrógeno	6 C Carbono	5 B Boro	2 He Helio	
2	3 Li Litio	4 Be Berilio											18 Ar Argón	17 Cl Cloro	16 S Azufre	15 P Fósforo	14 Si Silicio	13 Al Aluminio	2
3	11 Na Sodio	12 Mg Magnesio											36 Kr Criptón	35 Br Bromo	34 Se Selenio	33 As Arsénico	32 Ge Germanio	31 Ga Galio	2
4	19 K Potasio	20 Ca Calcio	21 Sc Escandio	22 Ti Titanio	23 V Vanadio	24 Cr Cromo	25 Mn Manganeso	26 Fe Hierro	27 Co Cobalto	28 Ni Níquel	29 Cu Cobre	30 Zn Zinc	31 Ga Galio	32 Ge Germanio	33 As Arsénico	34 Se Selenio	35 Br Bromo	36 Kr Criptón	
5	37 Rb Rubidio	38 Sr Estroncio	39 Y Itrio	40 Zr Zirconio	41 Nb Niobio	42 Mo Moolibdeno	43 Tc Tecnecio	44 Ru Rutenio	45 Rh Rodio	46 Pd Paladio	47 Ag Plata	48 Cd Cadmio	49 In Indio	50 Sn Estañio	51 Sb Antimonio	52 Te Teluro	53 I Yodo	54 Xe Xenón	
6	55 Cs Cesio	56 Ba Bario	57 La Lantano	72 Hf Hafnio	73 Ta Tántalo	74 W Volframo	75 Re Renio	76 Os Osmio	77 Ir Iridio	78 Pt Platino	79 Au Oro	80 Hg Mercurio	81 Tl Talio	82 Pb Plomo	83 Bi Bismuto	84 Po Polonio	85 At Astato	86 Rn Radón	
7	87 Fr Francio	88 Ra Radio	89 Ac Actinio	104 Rf Rutherfordio	105 Db Dubnio	106 Sg Seaborgio	107 Bh Bohrio	108 Hs Hasio	109 Mt Meitnerio	110 Uuq Ununquadio	111 Uuu Ununtrio	112 Uub Ununbio	114 Uuq Ununquadio		116 Uuh Ununhexio		118 Uuo Ununoctio		

Lantánidos	58 Ce Cerio	59 Pr Praseodimio	60 Nd Neodimio	61 Pm Promecio	62 Sm Samario	63 Eu Europio	64 Gd Gadolinio	65 Tb Terbio	66 Dy Disproscio	67 Ho Holmio	68 Er Erbio	69 Tm Tercio	70 Yb Yterbio	71 Lu Lutecio
Actínidos	90 Th Torio	91 Pa Protactinio	92 U Uranio	93 Np Neptunio	94 Pu Plutonio	95 Am Americio	96 Cm Curcio	97 Bk Berkelio	98 Cf Californio	99 Es Einsteinio	100 Fm Fermio	101 Md Mendelevio	102 No Nobelio	103 Lr Lawrencio

Notas:

Metales   
  Metaloides   
  No metales   
  Gases nobles   
 (1) Base en peso atómico carbono de 12 ( ) Indica el más estable o el de isotopo más conocido.

Más capas de electrones



Más electrones en la última capa



# Electronegatividad: capacidad de un átomo para atraer electrones.



## ELECTRONEGATIVOS

Período	Grupo																	
	1																	18
1	1																	2
	H																	He
	Hidrógeno																	Helio
2	3	4											5	6	7	8	9	10
	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
	Litio	Berilio											Boro	Carbono	Nitrógeno	Oxígeno	Flúor	Neón
3	11	12											13	14	15	16	17	18
	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
	Sodio	Magnesio											Aluminio	Silicio	Fósforo	Zufre	Cloro	Argón
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
	Potasio	Calcio	Escandio	Titanio	Vanadio	Cromo	Manganeso	Hierro	Cobalto	Níquel	Cobre	Zinc	Galio	Germanio	Antimonio	Selenio	Bromo	Kriptón
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
	Rubidio	Estroncio	Itrio	Zirconio	Niobio	Moolibdeno	Tecnecio	Rutenio	Rodio	Paladio	Plata	Cadmio	Indio	Estañ	Antimonio	Telurio	Yodo	Xenón
6	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
	Cesio	Bario	Lantano	Hafnio	Tántalo	Volframo	Renio	Osmio	Iridio	Platino	Oro	Mercurio	Talio	Plomo	Bismuto	Polonio	Astato	Radón
7	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112		114		116		118
	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub		Uuq		Uuh		Uuo
	Francio	Radio	Actinio	Rutherfordio	Dubnio	Seborgio	Bhombio	Hassium	Moscovio	Ununnilio	Ununnilio	Unbibio		Unquadro		Unhexio		Unoctio

## ELECTROPOSITIVOS

Lantánidos	6	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		Ce	Praseodimio	Neodimio	Promecio	Samario	Europio	Gadolinio	Terbio	Dysprosio	Holmio	Erbio	Tulio	Ytterbio	Lutecio
Actínidos	7	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
		Torio	Protactinio	Uranio	Neptunio	Plutonio	Americio	Curio	Berkelio	Californio	Einsteinio	Fermio	Mendelevio	Nobelio	Lavencio

Notas: ■ Metales ■ Metaloides ■ No metales ■ Gases nobles (1) Base en peso atómico carbono de 12 ( ) Indica el más estable o el de símbolo más conocido.

Electronegatividad del Francio = 0,4

Electronegatividad del Flúor = 7

# Estructura y propiedades químicas



## METALES

## NO METALES

Tienen pocos electrones en su nivel más externo (tres o menos)

Tienen cuatro o más electrones en su nivel externo

Forman cationes por pérdida de electrones

Forman aniones por ganancia de electrones

Tienen baja electronegatividad

Tienen alta electronegatividad



# TIPOS DE ENLACES



## ENLACES ATÓMICOS

IÓNICO

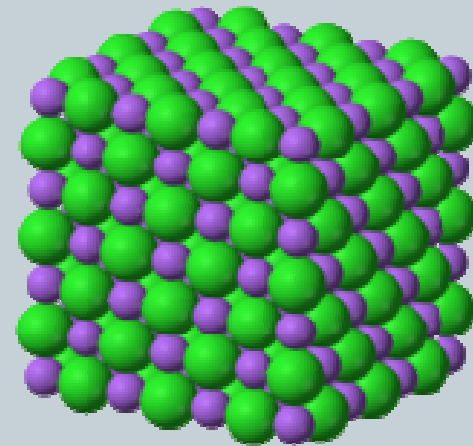
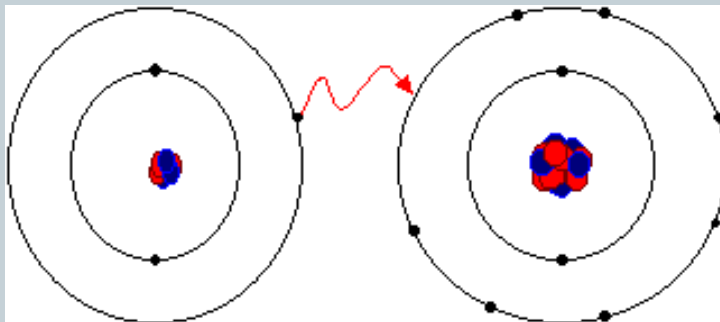
COVALENTE

METÁLICO

# Enlace iónico



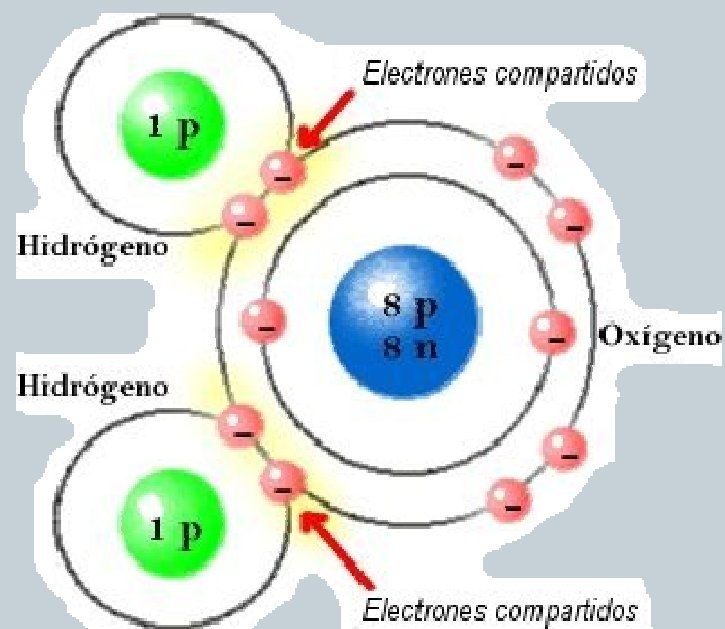
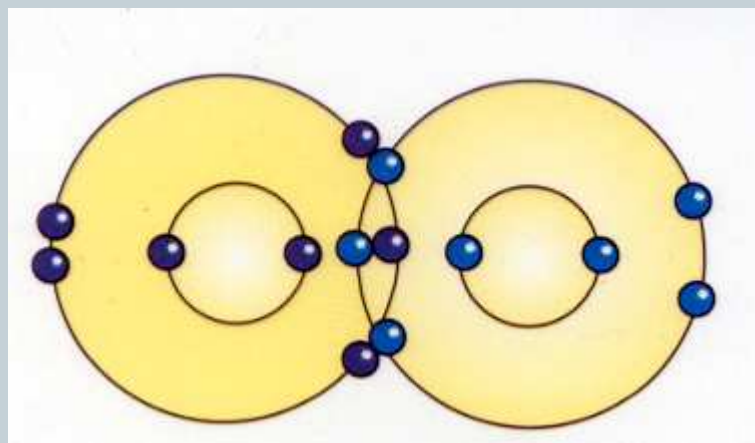
- Elemento muy electropositivo pierde electrones
- Elemento muy electronegativo absorbe electrones
- Atracción electrostática entre iones
- Iones ordenados en redes cristalinas



# Enlace covalente



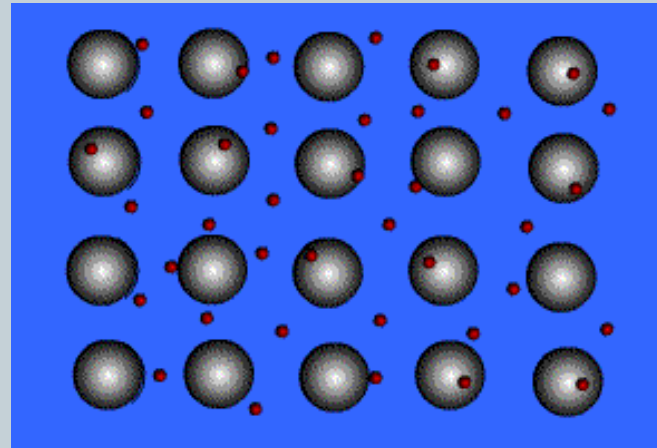
- Elementos no metálicos de electronegatividad similar
- Se comparten los electrones
- Se pueden formar enlaces múltiples.



# Enlace metálico



- Elementos metálicos (ceden electrones)
- Se comparten todos los electrones
- Se forma una nube electrónica
- Núcleos ordenados en redes cristalinas

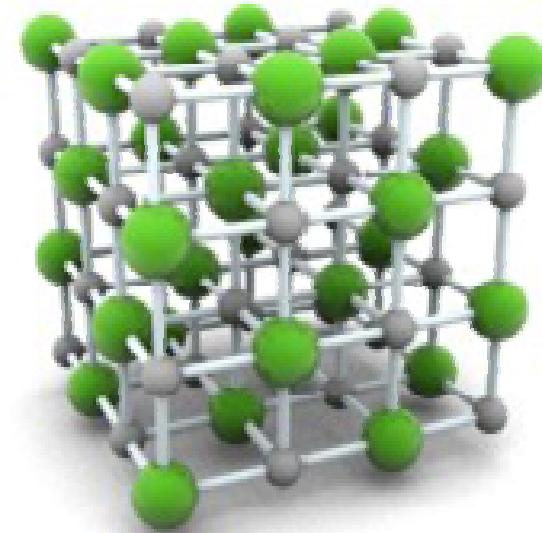


# SÓLIDOS



La estructura física de los sólidos es consecuencia de la disposición de los átomos, moléculas o iones en el espacio, así como de las fuerzas de interconexión de las partículas:

- **Estado amorfo:** Las partículas componentes del sólido se agrupan al azar.
- **Estado cristalino:** Los átomos (moléculas o iones) que componen el sólido se disponen según un orden regular. Las partículas se sitúan ocupando los nudos o puntos singulares de una red espacial geométrica tridimensional.

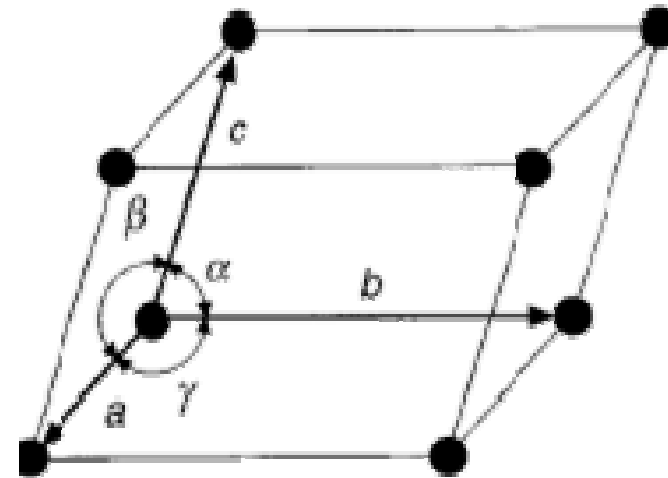


© 2010 Pearson

# La estructura cristalina:



- Los metales, las aleaciones y determinados materiales cerámicos tienen estructuras cristalinas.
- Los átomos que pertenecen a un sólido cristalino se pueden representar situándolos en una red tridimensional, que se denomina **retículo espacial o cristalino**. Este retículo espacial se puede definir como una repetición en el espacio de celdas unitarias.
- La **celda unitaria** de la mayoría de las estructuras cristalinas son paralelepípedos o prismas con tres conjuntos de caras paralelas.



Celda unitaria con las constantes reticulares

## Tipos de cristales (según tipo de enlace):



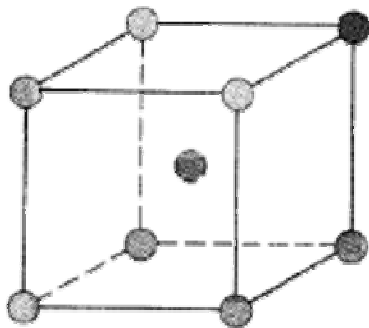
- **Cristales iónicos:** punto de fusión elevado, duros y muy frágiles, conductividad eléctrica baja (aunque en disolución son conductores debido a la disociación de sus iones) y presentan cierta elasticidad. Ej: NaCl (sal común)
- **Cristales covalentes:** Gran dureza y elevada temperatura de fusión. Suelen ser transparentes quebradizos y malos conductores de la electricidad. No sufren deformación plástica (es decir, al intentar deformarlos se fracturan). Ej: Diamante
- **Cristales metálicos:** Opacos y buenos conductores térmicos y eléctricos. No son tan duros como los anteriores, aunque si maleables y dúctiles. Hierro, estaño, cobre,...

# Tipos de cristales (según posición de los átomos):

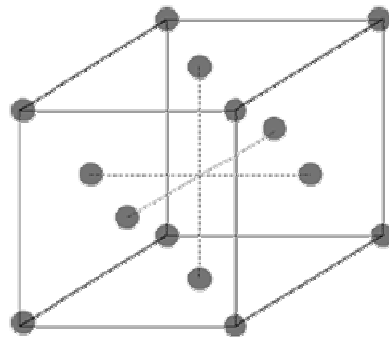


- Según la posición de los átomos en los vértices de la celda unitaria de la red cristalina existen:
  - **Redes cúbicas sencillas:** Los átomos ocupan sólo los vértices de la celda unidad.
  - **Redes cúbicas centradas en el cuerpo (BCC):** Los átomos, además de ocupar los vértices, ocupan el centro de la celda. Ej : el hierro y el cromo.
  - **Redes cúbicas centradas en las caras (FCC):** Los átomos, además de ocupar los vértices, ocupan el centro de cada cara de la celda. Ejemplos: el oro, cobre, aluminio, plata,...
  - **Redes hexagonales compactas (HC):** La celda unitaria es un prisma hexagonal con átomos en los vértices y cuyas bases tiene un átomo en el centro. En el centro de la celda hay tres átomos más. Ejemplos: cinc, titanio y magnesio.

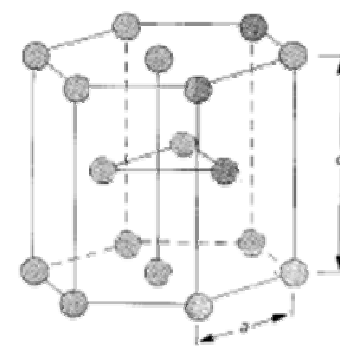
Redes BCC



Redes FCC

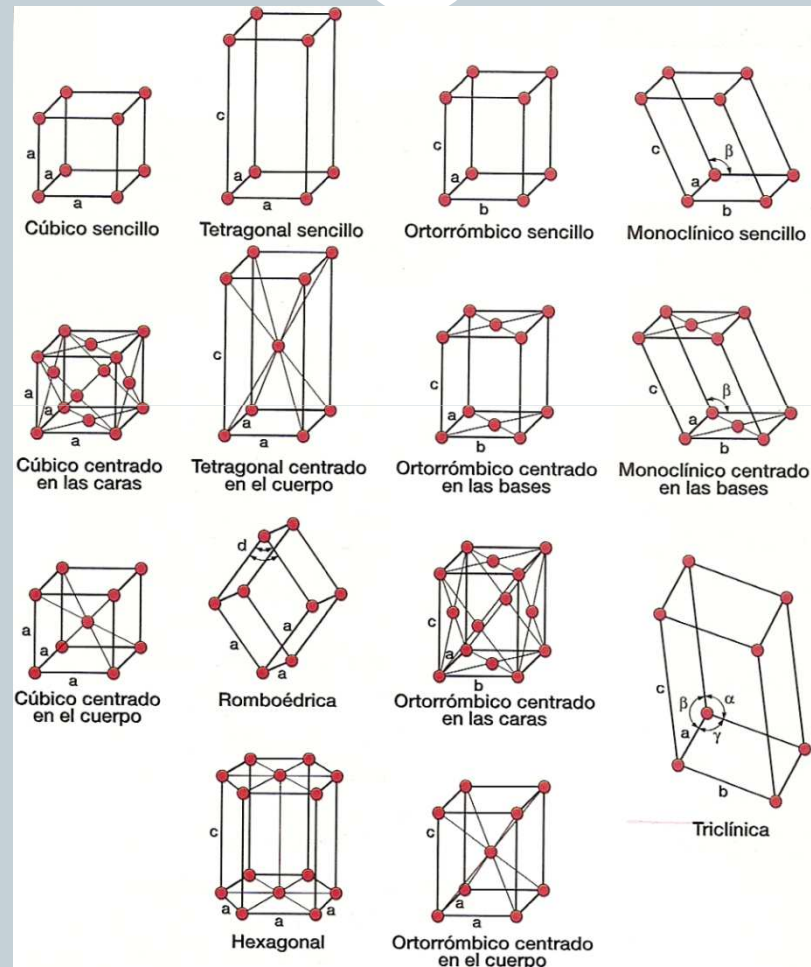


HC

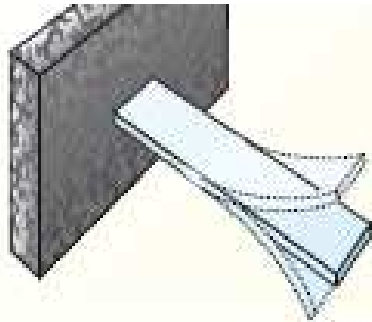




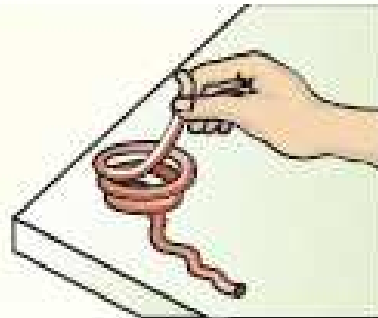
# Sistemas cristalinos. Redes de Bravais



# Propiedades mecánicas de los materiales



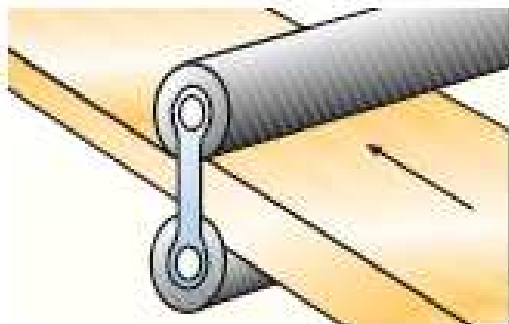
**Elasticidad.** Capacidad que tienen algunos materiales para recuperar su forma, una vez que ha desaparecido la fuerza que los deformaba.



**Plasticidad.** Habilidad de un material para conservar su nueva forma una vez deformado. Es opuesto a la elasticidad.



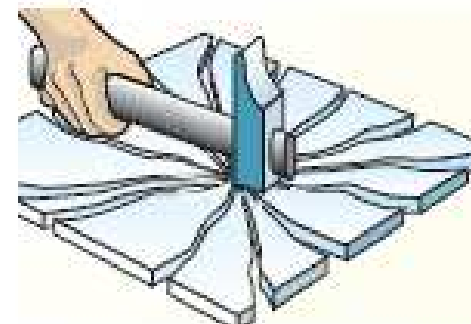
**Ductilidad.** Es la capacidad que tiene un material para estirarse en hilos (por ejemplo, cobre, oro, aluminio, etcétera).



**Maleabilidad.** Aptitud de un material para extenderse en láminas sin romperse (por ejemplo, aluminio, oro, etcétera).

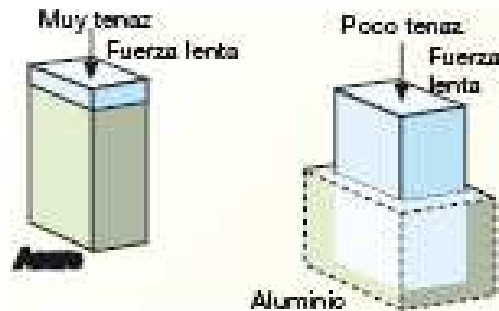


**Dureza.** Oposición que ofrece un cuerpo a dejarse rayar o penetrar por otro o, lo que es igual, la resistencia al desgaste.

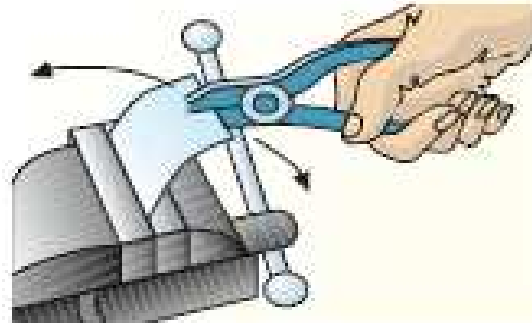


**Fragilidad.** Es opuesta a la resiliencia. El material se rompe en añicos cuando una fuerza impacta sobre él.

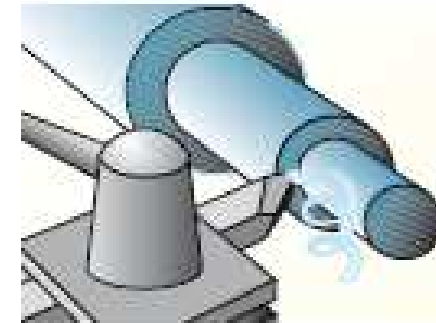
# Propiedades mecánicas de los materiales



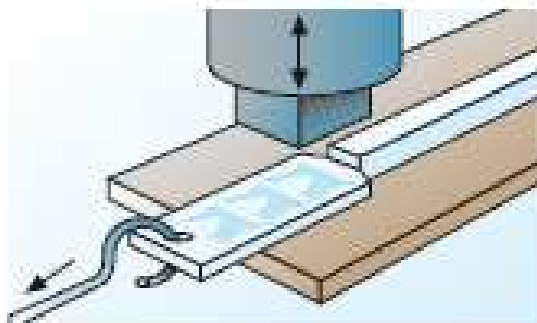
**Tenacidad.** Resistencia que opone un cuerpo a su rotura cuando está sometido a esfuerzos lentos de deformación.



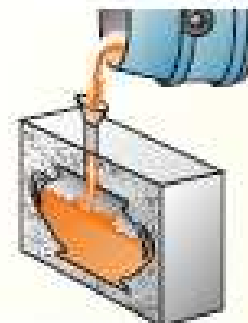
**Fatiga.** Deformación (que puede llegar a la rotura) de un material sometido a cargas variables, inferiores a la de rotura, cuando actúan un cierto tiempo o un número de veces.



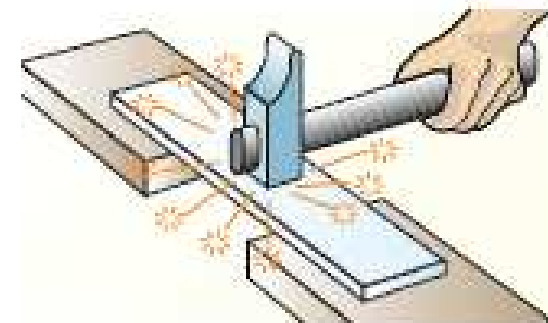
**Maquinabilidad.** Facilidad que tiene un cuerpo a dejarse cortar por arranque de viruta.



**Acritud.** Aumento de la dureza, fragilidad y resistencia en ciertos metales como consecuencia de la deformación en frío.



**Colabilidad.** Aptitud que tiene un material fundido para llenar un molde.



**Resiliencia.** Resistencia que opone un cuerpo a los choques o esfuerzos bruscos.

# DEFINICIÓN DE ENSAYO



- Examen o comprobación de una o más propiedades o características de un material, producto, conjunto de observaciones, etc., que sirven para formar un juicio sobre dichas características o propiedades.
- Se intenta de esta manera simular las condiciones a las que va a estar expuesto un material cuando entre en funcionamiento o en servicio.

# Tipos de ensayos



## Rigurosidad del ensayo

- Ensayos técnicos de control
- Ensayos científicos

## Forma de realizar el ensayo

- Ensayo destructivo
- Ensayo no destructivo

## Método empleado

- Ensayo químico
- Ensayo metalográfico
- Ensayo físico y físico-químico
- **Ensayos mecánicos**

# SEGÚN LA RIGUROSIDAD DEL ENSAYO



- **Ensayos científicos:**

Se obtienen resultados que se refieren a los valores numéricos de ciertas magnitudes físicas.

- **Ensayos tecnológicos:**

Se utilizan para comprobar si las propiedades de un determinado material son adecuadas para una cierta utilidad.

## SEGÚN LA UTILIDAD DE LA PIEZA DESPUÉS DE SER SOMETIDA AL ENSAYO.



- **Ensayos destructivos:**

Se produce la rotura o un daño sustancial en la estructura del material.

- **Ensayos no destructivos:**

Se analizan las grietas o defectos internos de una determinada pieza sin dañar su estructura.

# SEGÚN LA NATURALEZA DEL ENSAYO



- **Ensayos químicos:**  
Permiten conocer la composición, tanto cualitativa como cuantitativa del material.
- **Ensayos metalográficos:**  
Consisten en analizar la estructura interna del material mediante un microscopio.
- **Ensayos físicos:**  
Se cuantifican, por ejemplo, la densidad, el punto de fusión, la conductividad eléctrica...
- **Ensayos mecánicos:**  
Mediante los que se determina la resistencia del material cuando se somete a diferentes esfuerzos.



# Deformaciones elásticas y plásticas



# Tensión y deformación



- **Tensión:** Cociente entre la fuerza de tracción uniaxial  $F$  y la sección transversal  $S_0$  de una varilla.

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

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pascal}$$

- **Deformación:** Cociente entre el cambio de longitud en la dirección de la fuerza y la longitud original considerada. Se suele expresar en forma de porcentaje (%)

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

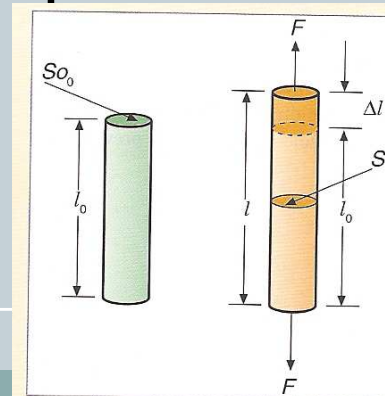
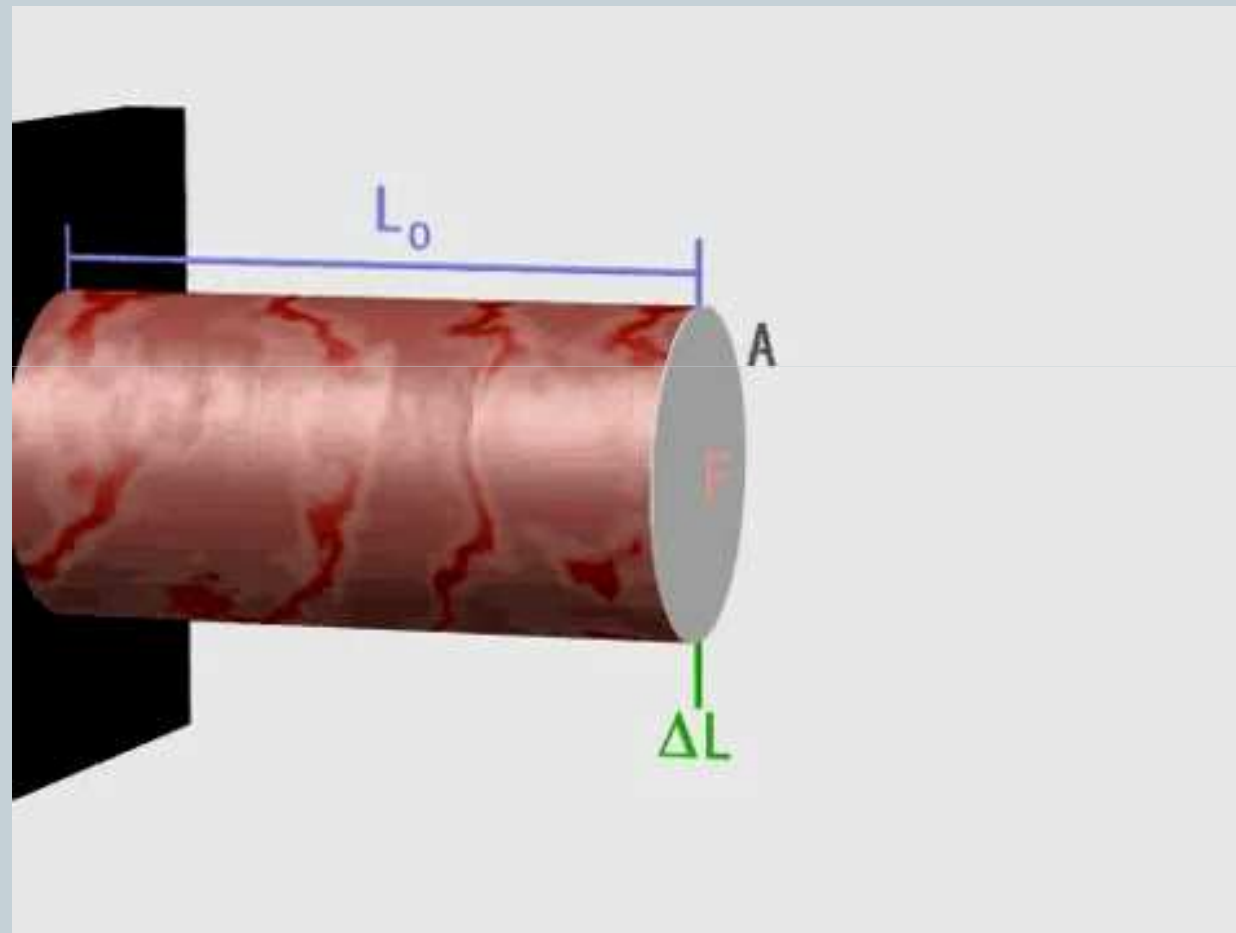


Fig. 1.15. Deformación dunha varilla cilíndrica sometida a un esforzo de

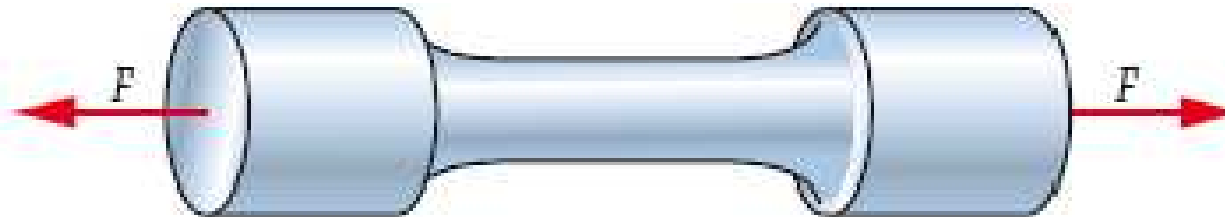
# Tensión y deformación



# ENSAYO DE TRACCIÓN



## 1. Ensayo de tracción



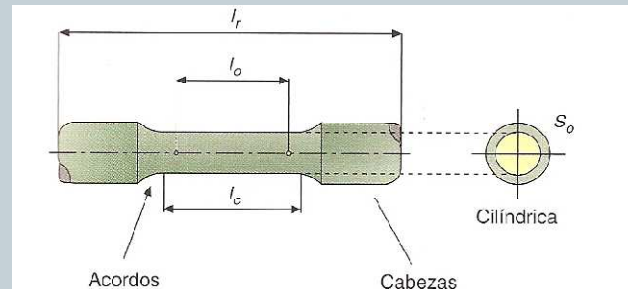
Consiste en estirar lentamente una probeta, de longitud y sección normalizadas, del material a analizar, hasta que se rompe. A continuación se analizan los alargamientos producidos a medida que aumenta la fuerza. Tensión de rotura:  $\sigma_R = F_R/S$ .

$F_R$  = Fuerza de rotura;  $S$  = Sección de la probeta en  $\text{cm}^2$ .

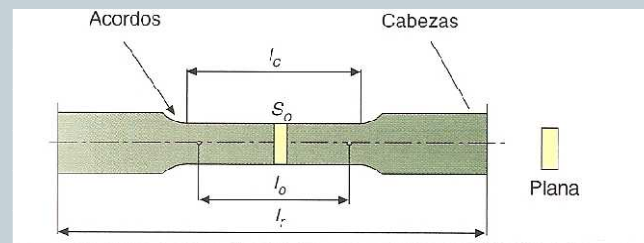
# Tipos de probetas



- Probetas cilíndricas: materiales forjados, barras, redondos y planchas de espesura gruesa



- Probetas prismáticas o planas: planchas de espesura media o pequeña



# Ensayo de tracción



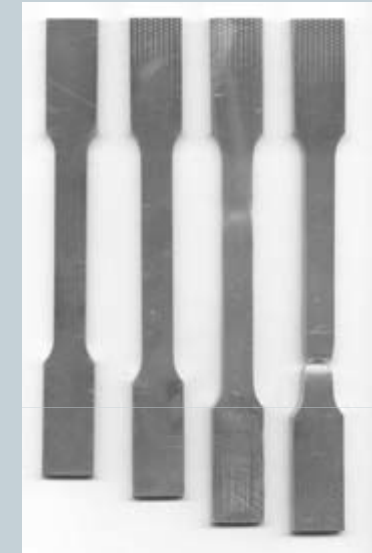
Máquina de ensayo



Mordaza



Muestra  
(probeta)



Muestras después  
del ensayo

# Ensayo de tracción

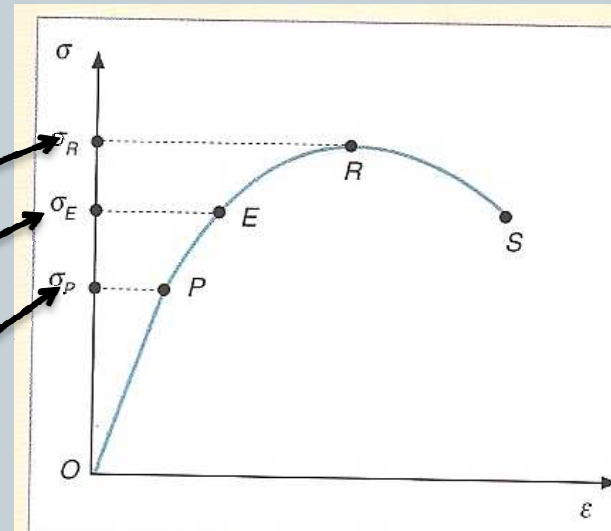


# Análisis del diagrama de tracción



- Zona elástica (OE): Se recupera la longitud inicial.
- Zona plástica (ES): No recupera la longitud original.
- Zona de proporcionalidad (OP): Existe proporción entre tensión y deformación. Es la zona de trabajo.
- Zona no proporcional (PE).
- Zona límite de rotura (ER)

Tensión de rotura  
Tensión del límite elástico  
Tensión de proporcionalidad



- Zona de rotura (RS) : Aunque baje la tensión aplicada, el material se sigue alargando hasta la rotura física



# Ensayo de tracción del acero



- Límite de fluencia (F) Zona en la que se produce un alargamiento rápido sin que varíe la tensión aplicada

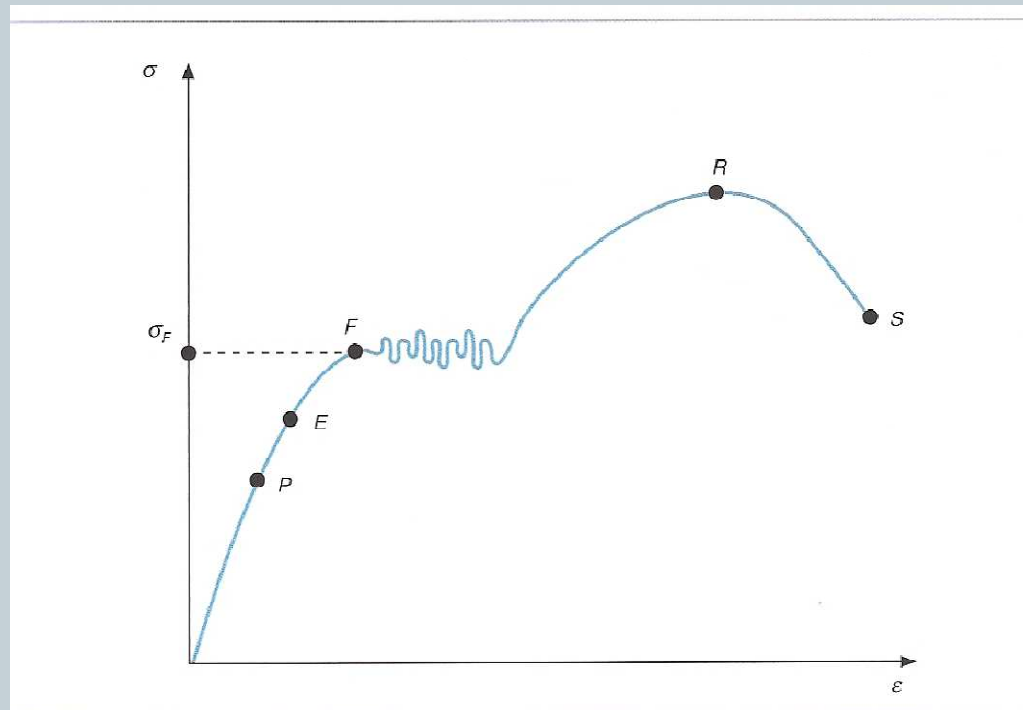
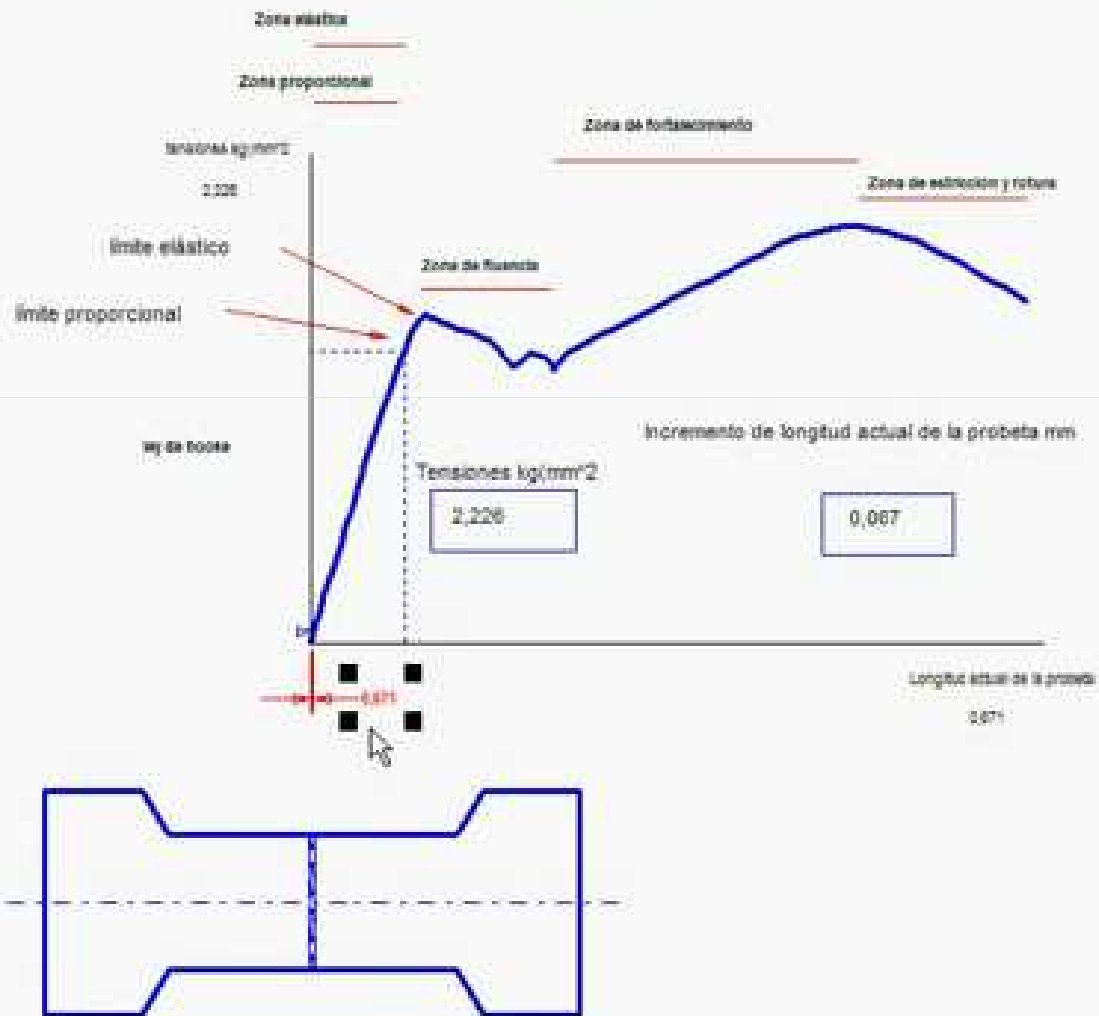


Fig. 1.22. Diagrama de tracción do aceiro. Fenómeno de fluencia.

# Ensayo de tracción del acero



DIAGRAMA DE TRACCIÓN



# Ley de Hooke



- Dentro del comportamiento elástico de los materiales, se cumple que **“las deformaciones producidas en un elemento resistente son proporcionales a las tensiones que las producen, siendo la constante de proporcionalidad el módulo elástico”**

tensión/deformación = constante =  $\operatorname{tg} \alpha$

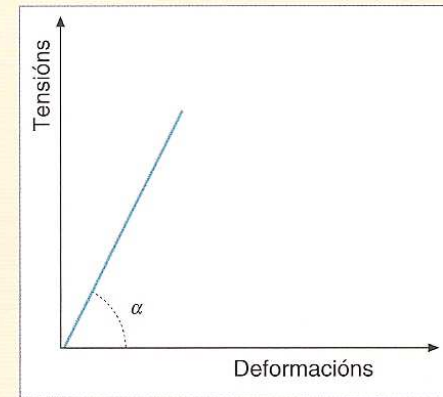


Fig. 1.23. Diagrama de tensiones-deformaciones. Ley de Hooke.

# Módulo de Young

- E = módulo elástico o módulo de Young (pendiente de la curva tensión deformación en la zona elástica)
- Unidades:  $\text{kp}/\text{cm}^2$ ;  $\text{kp}/\text{mm}^2$ ;  $\text{N}/\text{m}^2$

$$E = \sigma / \varepsilon$$

$$\sigma = F/S_0 \quad \varepsilon = \Delta l / l_0$$

## ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE TRACCIÓN

$$E = \frac{F l_0}{S_0 \Delta l}$$

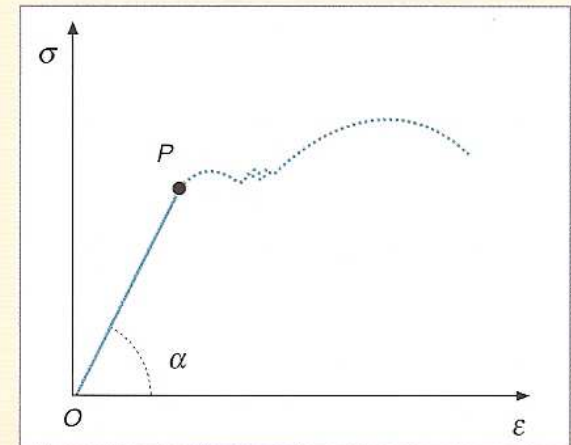
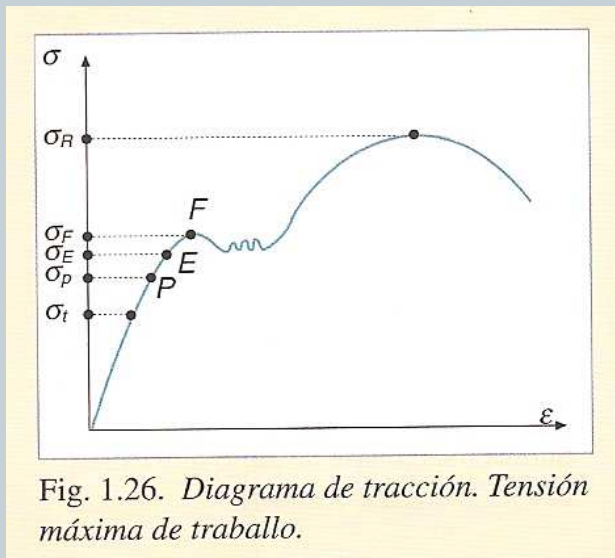


Fig. 1.25. Diagrama  $\sigma - \varepsilon$ .

# Tensión máxima de trabajo



- Límite de carga al que podemos someter una pieza o elemento simple de estructura:
  - No se presentan deformaciones plásticas
  - Cumple la ley de Hooke
  - Permite un margen de seguridad ante fuerzas imprevistas



$$\sigma_t = \sigma_f / n \quad \sigma_t = \sigma_r / n$$

# DEFINICIÓN DE DUREZA



Por dureza se suele entender la resistencia que ofrece un material al ser rayado o penetrado por una pieza de otro material diferente.



# ENSAYOS DE DUREZA



- Dureza: resistencia que ofrece un material a ser rayado o penetrado por otro.



# ENSAYOS DE DUREZA AL RAYADO



## Escala de Mohs

Dureza	Mineral	Prueba
1	Talco	Friable bajo la uña
2	Yeso	Rayado por la uña
3	Calcita	Rayado por una pieza de moneda
4	Fluorita	Se puede fácilmente rayar con un cuchillo
5	Apatito	Rayado con un cuchillo
6	Ortosa	Rayado con una lima
7	Cuarzo	Raya un cristal
8	Topacio	Rayado por herramientas con tungsteno
9	Corindón	Rayado por el carburo de silicio
10	Diamante	Rayado por otro diamante



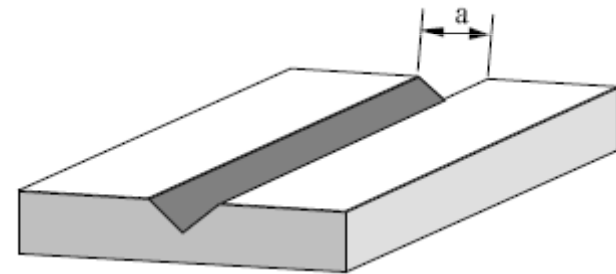
# ENSAYO DE DUREZA DE MARTENS



Se emplea un cono de diamante con el que se raya la superficie del material cuya dureza se quiere medir.

$a$  = anchura del surco

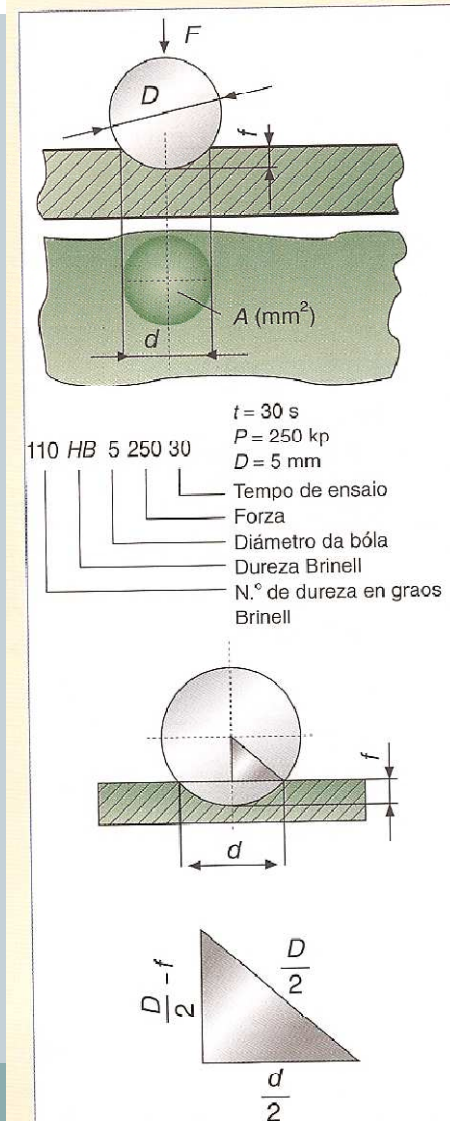
$$AM = 1000 / a^2$$



# Ensayo Brinell



# Ensayo Brinell



$$HB = \frac{F}{S}$$

Unidad: kg/mm<sup>2</sup>

$HB$  = Dureza en graos Brinell;  $F$  = Carga aplicada (kg);  $S$  = Área do casquete (mm<sup>2</sup>).

Superficie del casquete:

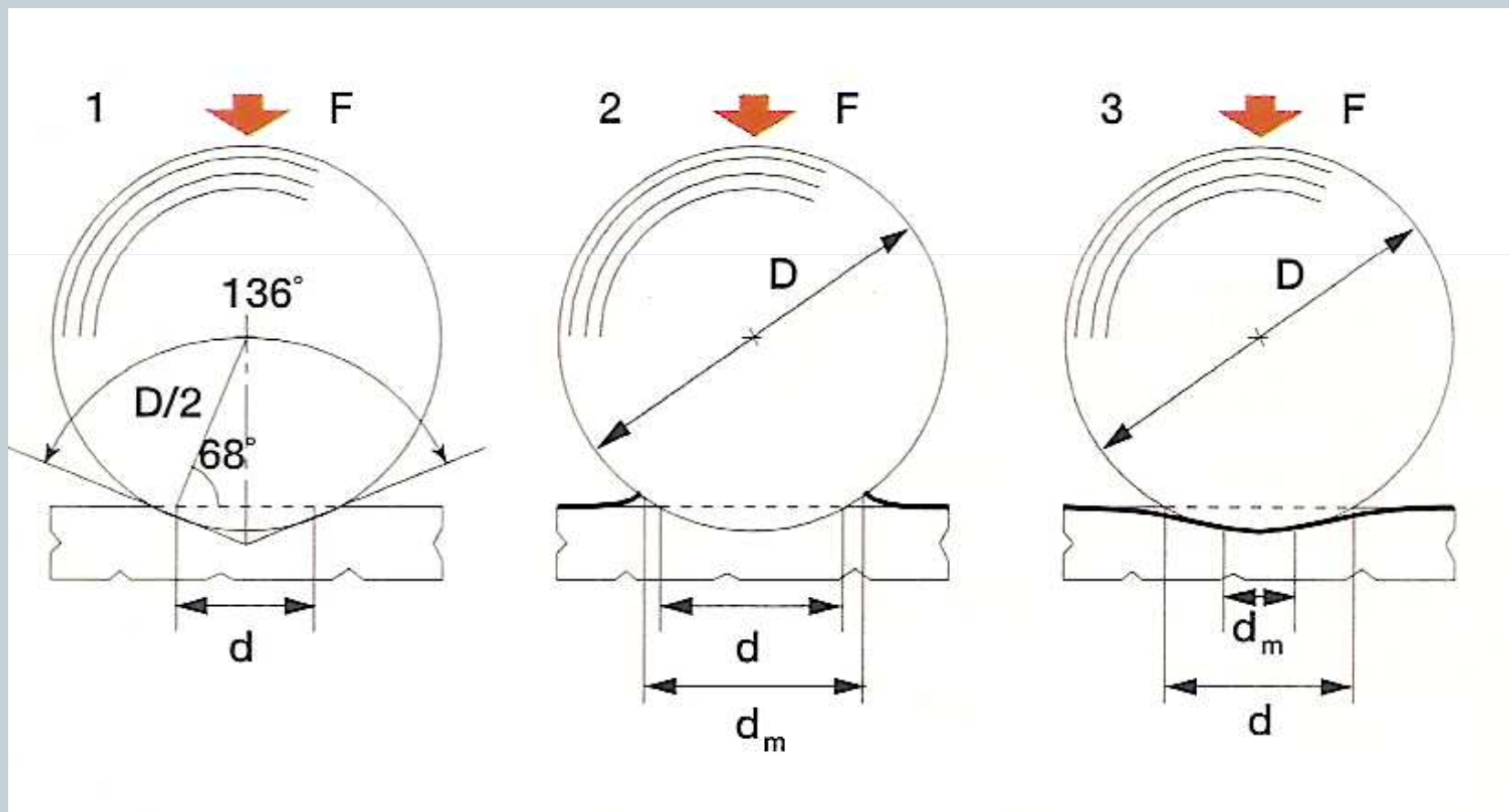
$$S = \pi Df$$

$$HB = \frac{2F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

# Limitaciones de la huella



- La huella debe cumplir la condición:  $0,25 D < d < 0,5 D$ .



# Relación diámetro-espesor



- El diámetro de la bola ha de elegirse en función del espesor de la pieza sometida a ensayo.

Espesor de la pieza (mm)	Diámetro de la bola (mm)
> 6	1; 2,5; 5; 10
3-6	1; 2,5; 5
2-3	1; 2,5
< 2	1

# Relación fuerza-diámetro



- La fuerza aplicada debe ser proporcional al cuadrado del diámetro

$$F = K \cdot D^2$$

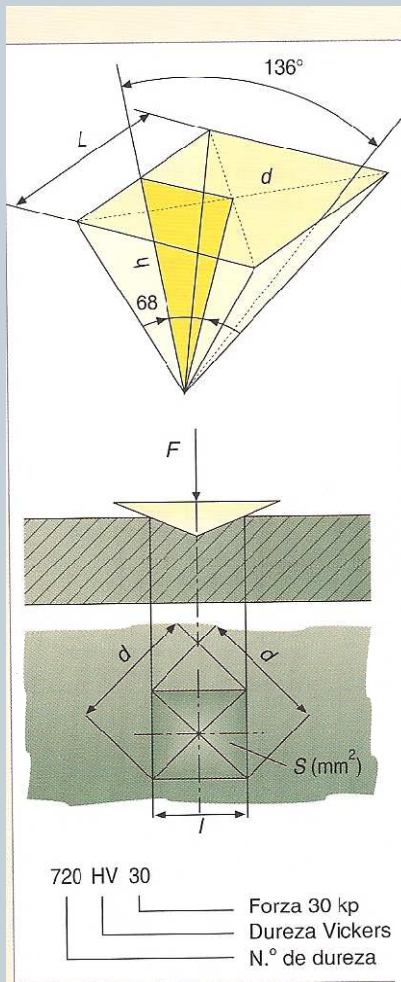
K	Material
30	Materiales férricos
10	Aleaciones ligeras
5	Bronce y latón
2,5	Metales blandos
1,25	Metales muy blandos
0,5	Metales extremadamente blandos

# Inconvenientes del ensayo Brinell



- No se puede hacer sobre superficies esféricas o cilíndricas.
- Grandes errores de medida del diámetro de la huella si la deformación es pequeña
- Sólo se aplica a materiales de dureza no muy alta y menor que la del penetrador.

# Ensayo Vickers



$$HV = F/S$$

Unidad: kg/mm<sup>2</sup>

$$HV = 1,8544 \cdot \frac{F}{d^2}$$

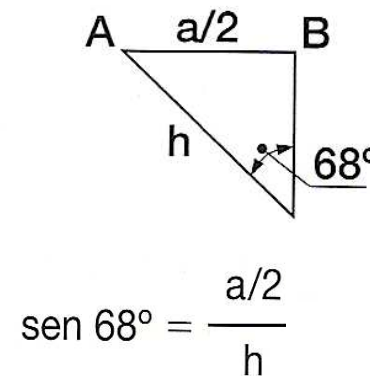
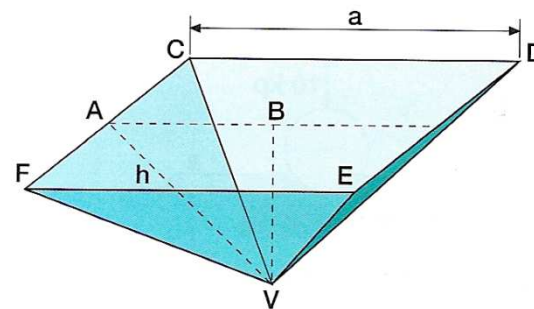
*HV* = Dureza en graos Vickers.

*F* = Carga aplicada sobre o penetrador (pirámide) (kg).

*S* = Superficie lateral do sinal (mm<sup>2</sup>).

$$S = 4 \cdot \frac{a \cdot h}{2} = 2a \cdot h$$

$$d^2 = a^2 + a^2$$



$$\text{sen } 68^\circ = \frac{a/2}{h}$$

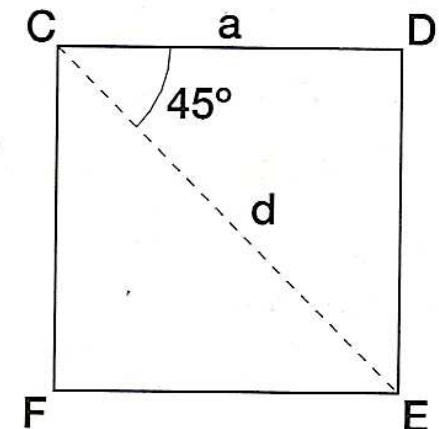


Fig. 1.28. Esquema gráfico do ensaio de dureza Vickers.



## Ventajas respecto al ensayo Brinell



- No es necesario sustituir el penetrador al variar la carga.
- Se puede usar en superficies curvas.
- Valor de dureza es independiente de la carga
- Se puede usar para materiales más duros que Brinell.
- Se puede utilizar en materiales de menor espesor

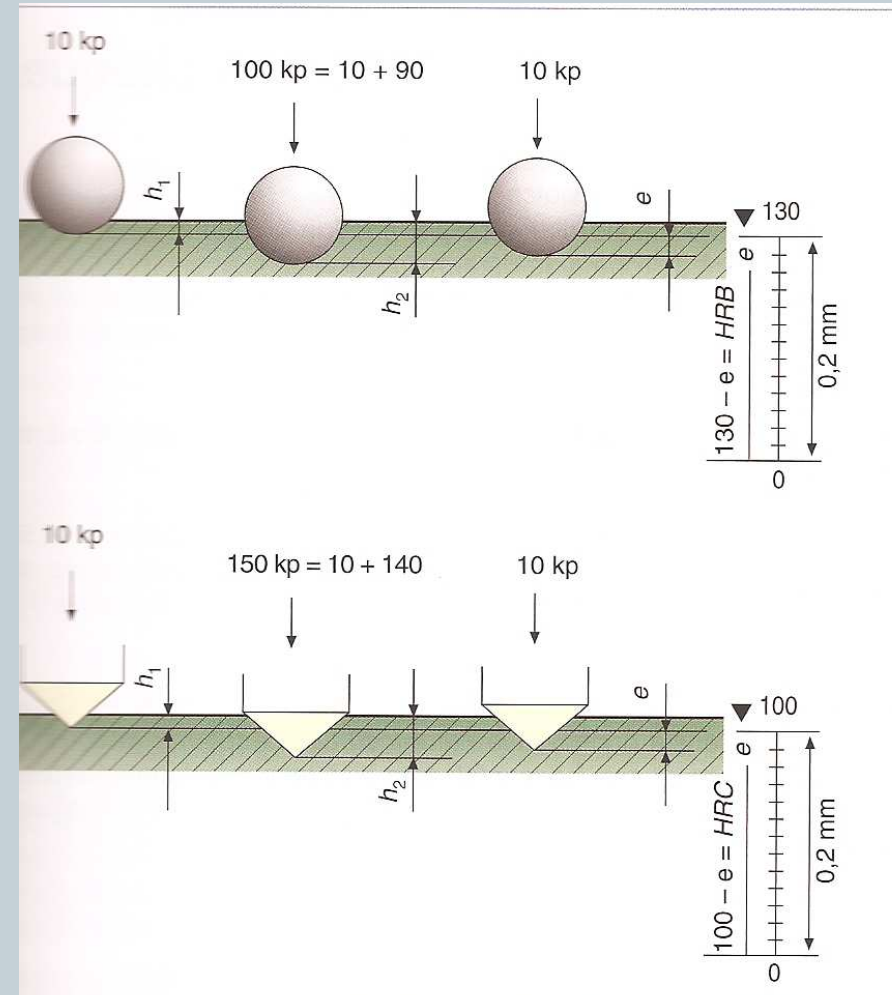
# Ensayo Rockwell



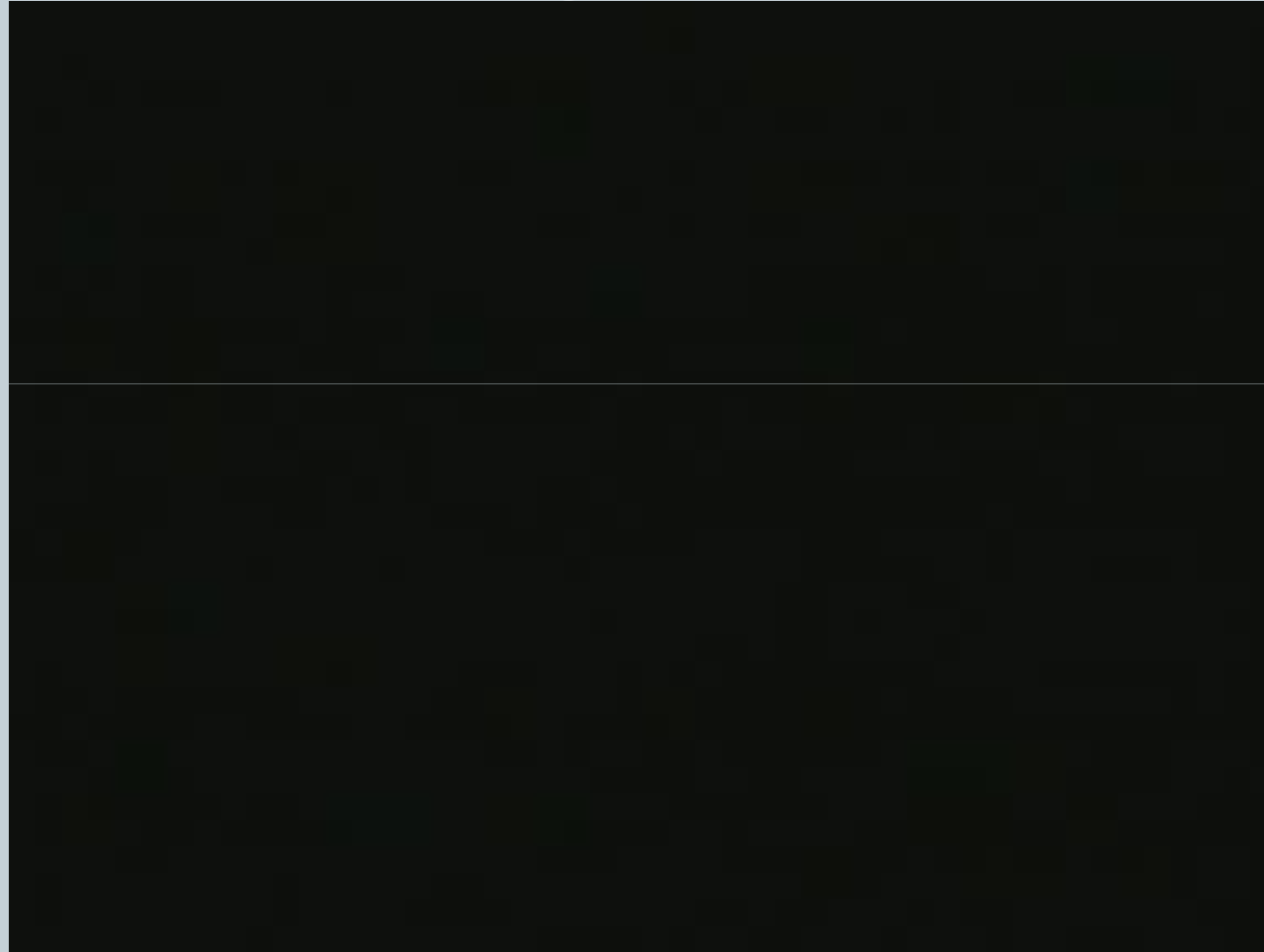
- Muy usado por su rapidez
- Menos preciso que los anteriores.
- Se mide la profundidad huella
- Hay dos tipos:
  - Rockwell bola (HRB). Para materiales blandos (60-150 HV), se usa una bola acero de 1,59 mm
  - Rockwell cono (HRC). Para materiales duros (235- 1075 HV), se usa un diamante cónico 120°

# Ensayo Rockwell

- $e = h_3 - h_1$
- $HRC = 100 - e$
- $HRB = 130 - e$
- Unidad =  $0,002 \text{ mm} = 2 \text{ micras}$



# Ensayo Rockwell



# ENSAYO DE COMPRESIÓN



Estudia el comportamiento de un material al ser sometido a una carga progresivamente creciente de compresión. Se realiza en una máquina universal de ensayos. Las probetas son:

- **Probetas cilíndricas:** materiales metálicos.
- **Probetas cúbicas:** materiales no metálicos.



# ENSAYO DE COMPRESIÓN



- **CARACTERÍSTICAS:**

- La tensión unitaria:

$$\sigma = -\frac{F}{S_0}$$

- Contracción total:

$$\Delta L = L - L_0$$

- Contracción unitaria:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta L}{L_0}$$

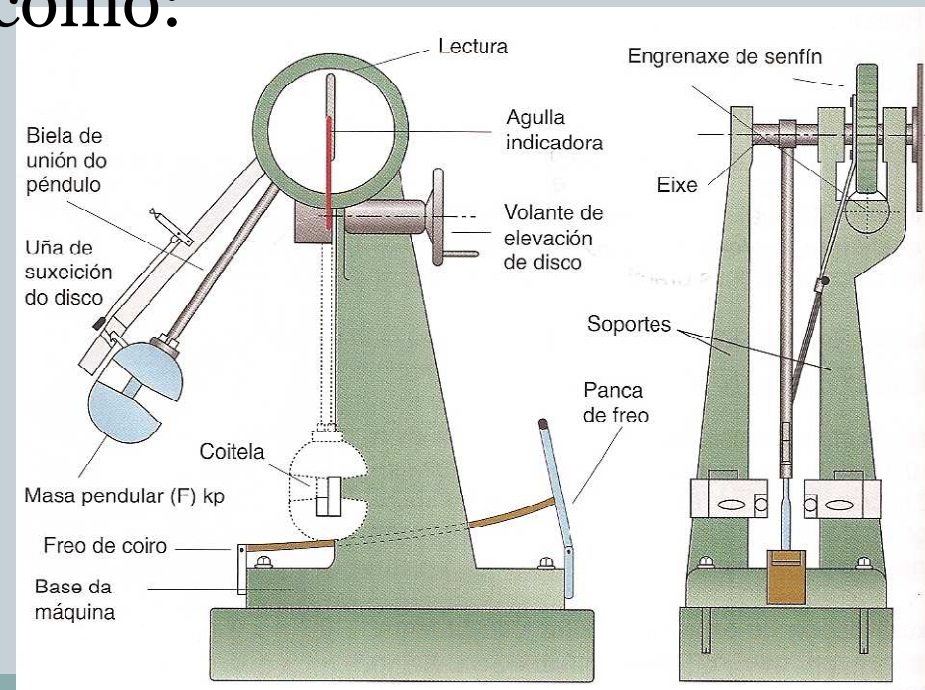
# ENSAYO DINÁMICO POR CHOQUE. ENSAYO DE RESILIENCIA

- Determina la energía absorbida por una probeta, al provocar su ruptura por un solo golpe.
- La máquina más utilizada es el péndulo de Charpy.
- La resiliencia se obtiene como:

$$\rho = E_p/S$$

$E_p$  = enerxía absorbida na rotura;  $S$  = sección da probeta.

Unidad: Julios/cm<sup>2</sup>

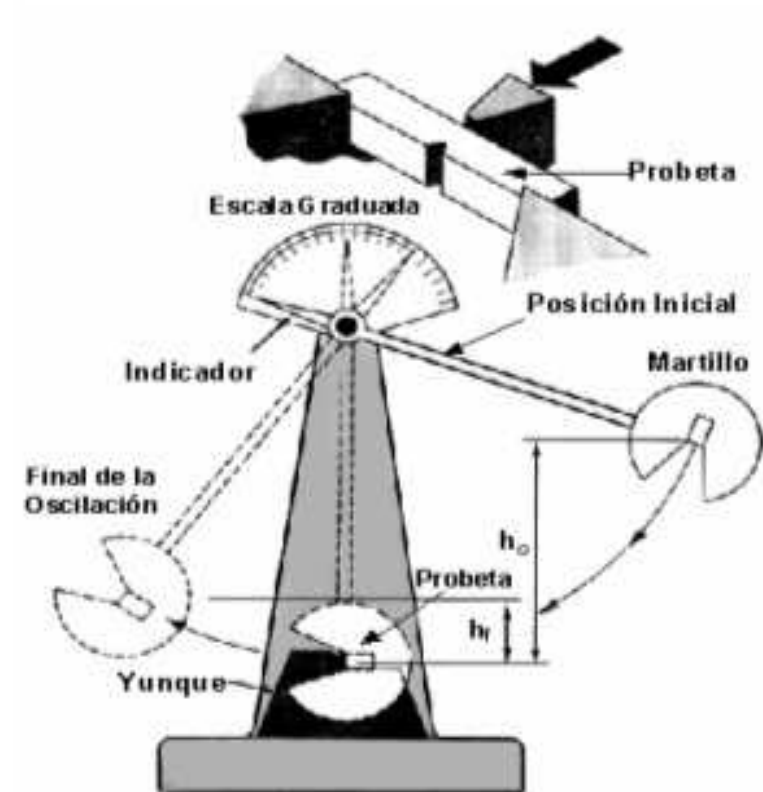


# ENSAYO DE RESILIENCIA



- **CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:**

- Se coloca la probeta y se levanta el martillo hasta  $h_0$  respecto de la probeta y formando un ángulo  $\alpha$ .
- El martillo se deja caer para que por choque rompa la probeta y llegue hasta  $h_f$  formando un ángulo  $\beta$ .





# Péndulo de Charpy virtual



**Testing**      **Results**

### The Charpy Test

You can now begin testing. To set the temperature of a specimen, first you must set the bath temperature using the arrows buttons. Once set, wait for the specimen to reach the desired temperature and then click on the specimen to remove it from the bath.

NOTE: the temperature of the specimen is accurate to  $\pm 0.5$  °C and will remain within this region for approximately 15 seconds after it has been removed from the bath.

Longitudinal specimens: 18

Set temperature of the specimen bath

T bath (°C) 80

T specimen (°C) 80

Longitudinal Specimen

Continue

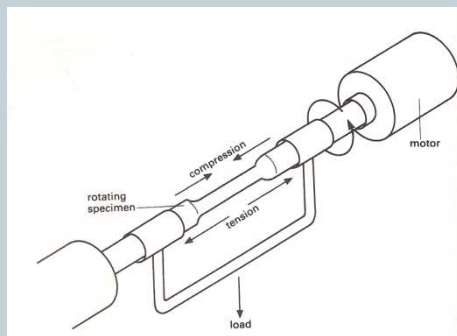
# Péndulo de Charpy



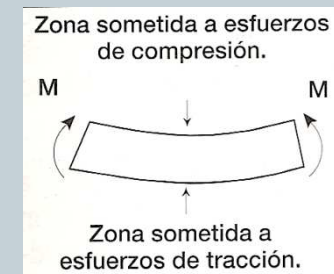
# ENSAYOS DE FATIGA



- Determina la situación de determinadas piezas a las que se aplican esfuerzos repetitivos de intensidad inferior al crítico de rotura.
- **LÍMITE DE FATIGA:** es el máximo valor de tensión al que podemos someter un material sin romperse, independientemente del número de veces que se repita la acción.
- Los más habituales son los de flexión rotativa y torsión.



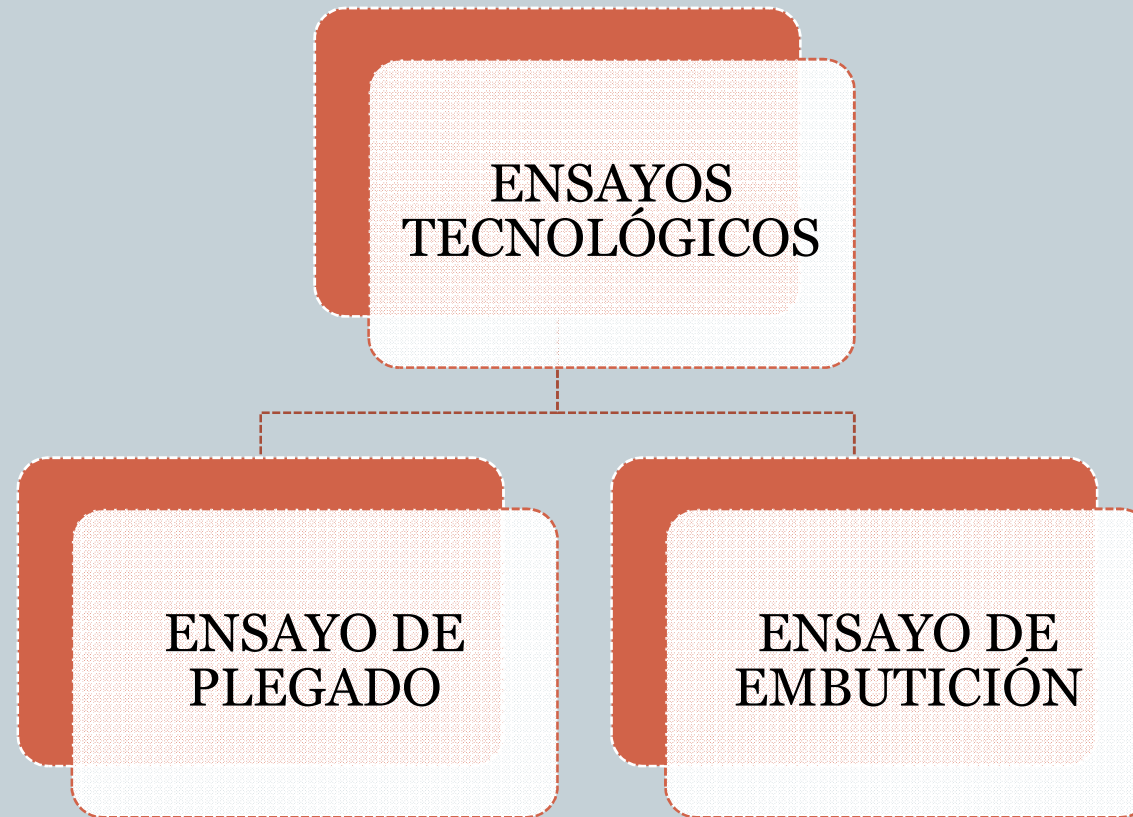
El ensayo determina el número de ciclos que soporta la probeta para distintas cargas



# ENSAYOS TECNOLÓGICOS



- Sirven para estudiar el comportamiento del material ante el fin al que se destina.



# Ensayo de plegado



- Estudia la plasticidad de materiales metálicos.
- Se doblan las probetas en condiciones normalizadas
- Se observa si aparecen grietas en el exterior de la curva
- Puede realizarse en frío o en caliente

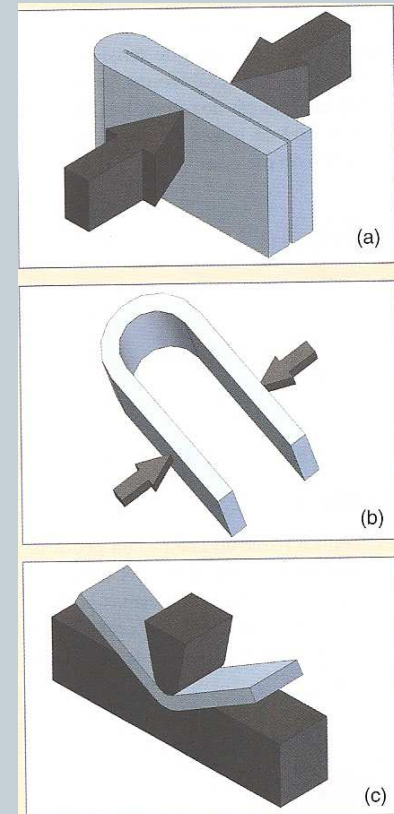


Fig. 1.33. Ensaio de plegado: a) en contacto; b) paralelas a unha determinada distancia; c) formando un ángulo.

# Ensayo de embutición

- Se utiliza en planchas
- Se presiona una barra o punzón sobre la chapa hasta que se produce la primera grieta
- Se mide la penetración del punzón

