

TEMA 1: ESTRUCTURA ATÓMICA Y CRISTALINA. PROPIEDADES MECÁNICAS Y ENSAYOS DE MEDIDA

0. INTRODUCCIÓN

Las propiedades y el comportamiento de los materiales dependen principalmente de su constitución y de su estructura. Los átomos están unidos mediante enlaces. Cualquiera que sea la naturaleza de estos enlaces, entre dos átomos contiguos se desarrollan dos tipos de fuerzas:

- *Fuerzas atractivas*, debidas a la naturaleza del enlace y a las atracciones electrostáticas entre el núcleo de un átomo y la nube electrónica del otro.
- *Fuerzas repulsivas*, debidas a la acción electrostática entre los núcleos y a las nubes electrónicas.

1. ESTRUCTURA ELECTRÓNICA

Los elementos **electropositivos** (metálicos) son aquellos que ceden electrones en las reacciones químicas para producir iones positivos o cationes. Pertenecen a los grupos 1A y 2A de la tabla periódica. Los elementos **electronegativos** (no metálicos) son aquellos que aceptan electrones en las reacciones químicas para producir iones negativos o aniones. Están en los grupos 6A y 7A. Los elementos de los grupos 4A hasta 7A pueden comportarse de ambas formas. Por ejemplo: C, Si, Ge. La **electronegatividad** es la capacidad de un átomo para atraer electrones hacia sí.

2. TIPOS DE ENLACES ATÓMICOS Y MOLECULARES

Los átomos en estado enlazado se encuentran en unas condiciones energéticas más estables que cuando estaban libres.

2.1. ENLACE IÓNICO

Se crean fuerzas interatómicas debidas a la transferencia de un electrón de un átomo a otro. Se forman entre átomos muy electropositivos y átomos muy electronegativos. Se transfieren electrones desde los átomos de los elementos electropositivos a los átomos de los elementos electronegativos, produciendo cationes y aniones. Las fuerzas del enlace son de carácter electrostático o coulombianas. Es un enlace no direccional. Un ejemplo es el cloruro de sodio o sal común (NaCl).

2.2. ENLACE COVALENTE

Se crean fuerzas interatómicas debidas a la compartición de electrones deslocalizados. Se forma entre átomos con pequeñas diferencias de electronegatividad. En un enlace covalente sencillo, cada uno de los átomos contribuye con un electrón a la formación del par de electrones del enlace. Se pueden formar enlaces múltiples de pares de electrones por un átomo consigo mismo o con otros átomos (por ejemplo, la molécula de hidrógeno). Dentro de los materiales, el estudio del enlace covalente del carbono es muy importante. Para representar este tipo de enlaces se emplean las *estructuras de Lewis*. (Ejemplo: representación de una molécula de agua H₂O).



2.3. ENLACE METÁLICO

Los átomos de los metales están empaquetados en una estructura cristalina y están tan juntos que sus electrones de valencia son atraídos por los núcleos de átomos vecinos. Así se forma una nube electrónica. Las altas conductividades térmica y eléctrica de los metales se deben a que los electrones de valencia están poco unidos a los núcleos y pueden moverse con facilidad dentro del metal cristalino. Es un enlace no direccional.

2.4. FUERZAS MOLECULARES

Los enlaces moleculares se dan entre moléculas con enlaces covalentes atómicos. Pueden ser:

- **Fuerzas de van der Waals.** se crean por la aparición de dipolos variables que se producen en el movimiento de los electrones, siendo su intensidad relativamente débil. Tienen su

origen en las atracciones y repulsiones de los campos eléctricos y magnéticos creados por núcleos y electrones.

- **Puentes de hidrógeno.**- se crean en moléculas dipolares y son debidas a la atracción entre el núcleo de hidrógeno de una molécula y los electrones no compartidos del oxígeno, flúor o nitrógeno.

3. ESTRUCTURA CRISTALINA Y SISTEMAS CRISTALOGRAFICOS

3.1. SÓLIDOS CRISTALINOS

Un material puede solidificar como:

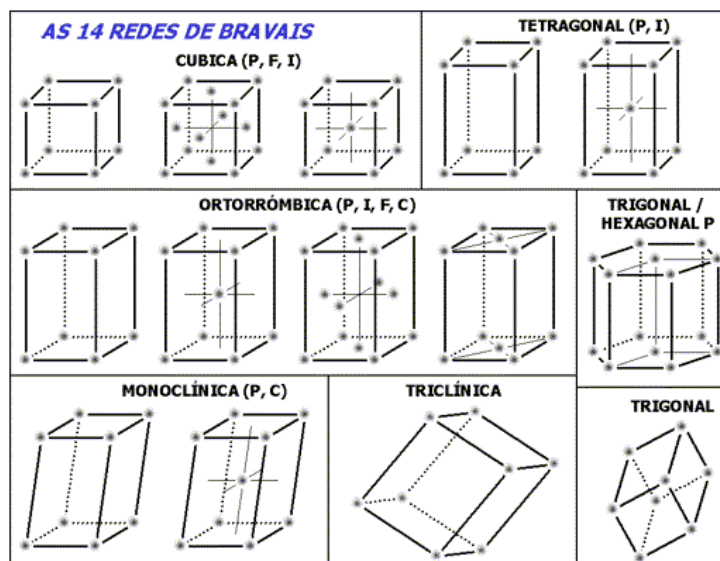
- **Sólido cristalino**, cuando los átomos, iones o moléculas que lo constituyen se empaquetan siguiendo posiciones espaciales predeterminadas formando cristales.
- **Sólido amorfo**, cuando los elementos que constituyen el sólido no ocupan posiciones espaciales predeterminadas, por lo que no presentan estructuras ordenadas y no forman redes cristalinas: El vidrio y la cera son claros ejemplos de este tipo de sólidos.

Un sólido cristalino es aquél que tiene una estructura periódica y ordenada, que se expande en las tres direcciones del espacio. Tienden a adoptar estructuras internas geométricas siguiendo líneas rectas y planos paralelos. Aunque, el aspecto externo de un cristal no es siempre completamente regular, ya que depende de una serie de factores:

- **Composición química.** El sólido puede ser una sustancia simple o un compuesto, y puede contener impurezas que alteren la estructura cristalina y otras propiedades, como el color o la consistencia.
- **Temperatura y presión.** Ambas influyen en la formación de los cristales y en su crecimiento; en general, los cristales se forman a altas presiones y elevadas temperaturas.
- **Espacio y tiempo.** El crecimiento tridimensional de un cristal puede verse limitado por el espacio y el tiempo. A menudo la falta de espacio es responsable del aspecto imperfecto de algunos cristales en su forma externa.

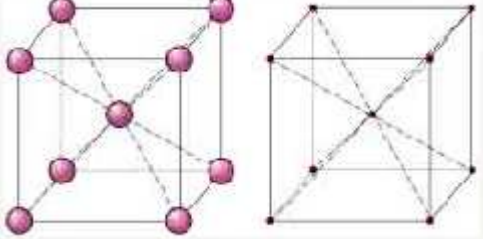
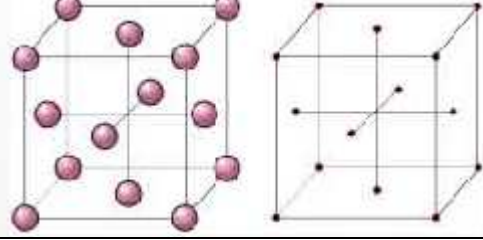
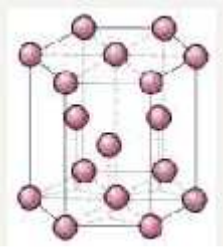
3.2 ESTRUCTURA CRISTALINA

Es el modelo regular tridimensional de átomos o iones en el espacio. La estructura cristalina es la repetición en el espacio de celdas unitarias, que se caracterizan por tres vectores y tres ángulos. Se pueden encontrar siete sistemas cristalinos y catorce retículos espaciales diferentes denominados **redes de Bravais**.



De las catorce redes de Bravais, sólo tres son sistemas de cristalización para los metales y aleaciones metálicas. Para estudiarlas, hay que conocer algunos indicadores:

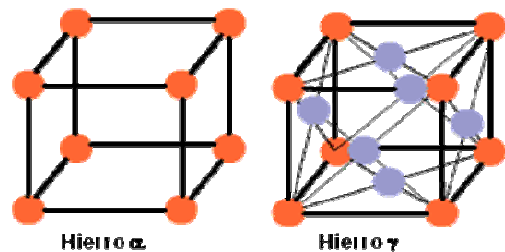
- Número de átomos de la celda elemental.
- Densidad de compactación o factor de empaquetamiento (FPA): es el volumen que ocupan los átomos en la red cristalina.
- Índice de coordinación de un átomo: es el número de átomos de la misma naturaleza que equidistan y que más cerca se encuentran de él.

<p>Cúbica centrada en el cuerpo (BCC)</p> <ul style="list-style-type: none"> - La red representa un cubo cuyo parámetro es $a = R \cdot 4/\sqrt{3}$. Los átomos están dispuestos en los vértices y en el centro del cubo. - El número total de átomos es: $1 + 8 \cdot 1/8 = 2$ - DENSIDAD DE COMPACTACIÓN (FPA): 68% - ÍNDICE DE COORDINACIÓN: 8 - EJEMPLOS: Feα, Mo, Na, ... 	
<p>Cúbica centrada en las caras (FCC)</p> <ul style="list-style-type: none"> - La red tiene forma de cubo cuyo parámetro es $a = R \cdot 4/\sqrt{2}$. Tiene 8 átomos en los vértices del cubo y 6 en los centros de cada una de las caras. - El número de átomos es: $8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4$ - DENSIDAD DE COMPACTACIÓN (FPA): 74% - ÍNDICE DE COORDINACIÓN: 12 - EJEMPLOS: Feγ, Ni, Co, Cu, Al, Ti, ... 	
<p>Hexagonal compacta (HCP)</p> <ul style="list-style-type: none"> - La red tiene forma de prisma recto cuya base es un hexaedro. Tiene dos parámetros, los lados de la base del prisma a y su altura c. Doce átomos están dispuestos en los vértices de la red, 2 átomos en el centro de la base y 3 átomos en el interior de la red. - El número de átomos es: $2 \cdot 1/2 + 12 \cdot 1/6 + 3 = 6$ - DENSIDAD DE COMPACTACIÓN (FPA): 74% - ÍNDICE DE COORDINACIÓN: 12 - EJEMPLOS: Ti, Co, Cd, Mg, ... 	

3.3. ESTADOS ALOTRÓPICOS

La **alotropía** es la propiedad de los metales por la cual éstos pueden presentar diferentes estructuras cristalinas, dependiendo de las condiciones de presión y temperatura. Estos estados se denominan polimórficos o **alotrópicos**. Por ejemplo: Fe, Co y Ti.

En el hierro puro se distinguen cuatro estados alotrópicos: Fe α , Fe β , Fe γ , Fe δ .



4. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

4.1. PROPIEDADES INTRÍNSECAS (Son aquellas que corresponden a su naturaleza)

- **Densidad**.- es la masa de la unidad de volumen. Según ésta tenemos metales ligeros y pesados.
- **Compresibilidad**.- es la disminución de volumen debido a la presión. Se mide por el coeficiente de compresión: $K = (-\Delta v/v) \cdot p$
- **Maleabilidad**.- es la capacidad para deformarse en forma de láminas.
- **Ductilidad**.- es la capacidad para ser estirado sin romperse.
- **Propiedades sensoriales**.- se refieren al color, el olor, la forma, la textura, el brillo, etc.

4.2. PROPIEDADES TÉRMICAS (Son debidas al movimiento de los átomos en la red)

- **Temperatura**.- indica el nivel térmico de un cuerpo.
- **Calor**.- es la energía térmica de un cuerpo.
- **Calor específico**.- es la cantidad de calor que hay que comunicar a la unidad de masa para elevar su temperatura un grado centígrado.

- **Fusibilidad**.- propiedad para pasar de sólido a líquido al incrementar la temperatura.
- **Dilatación térmica**.- propiedad por la que los cuerpos varían sus dimensiones con la temp.
- **Conductividad térmica**.- según sea, podemos encontrar aislantes y conductores.

4.3. PROPIEDADES MECÁNICAS (Determinan el comportamiento de los metales ante la acción de fuerzas)

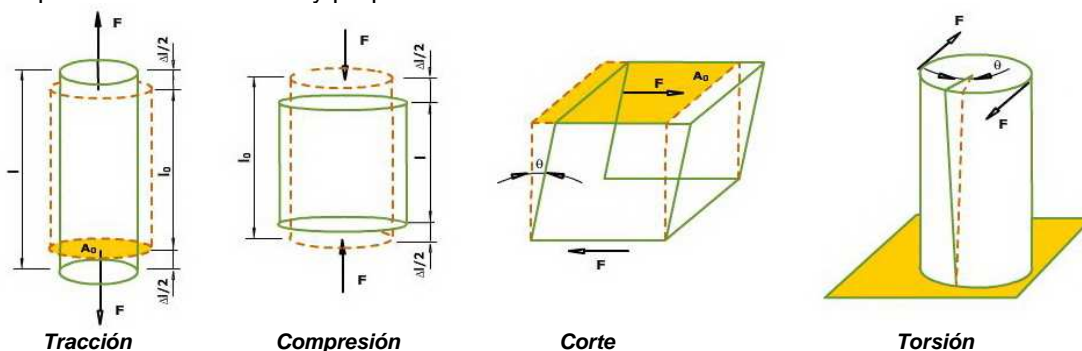
- **Resistencia mecánica**.- es la oposición de un sólido a las fuerzas que tratan de deformarlo.
- **Elasticidad**.- es la capacidad de un cuerpo para recobrar su forma original cuando cesan las fuerzas que tienden a deformarlo.
- **Plasticidad**.- es la capacidad de un cuerpo para adquirir deformaciones permanentes.
- **Cohesión**.- es la resistencia que ofrecen los átomos a separarse.
- **Dureza**.- es la resistencia a ser rayado o penetrado.
- **Tenacidad**.- es la capacidad de resistencia a esfuerzos de tracción antes de romperse.
- **Fragilidad**.- es la propiedad contraria a la tenacidad.
- **Fatiga**.- capacidad de resistir esfuerzos repetitivos y variables.
- **Resiliencia**.- resistencia de los sólidos a la rotura por choque.

5. ENSAYOS

El estudio de la resistencia de materiales tiene como objetivo determinar las dimensiones que debe tener una pieza o elemento mecánico sometido a esfuerzos conocidos para que no aparezcan roturas o deformaciones permanentes. Por tanto, en primer lugar hay que diferenciar resistencia y rigidez. La **resistencia** es la capacidad de un cuerpo de resistir una carga que le pueda provocar una deformación. La rigidez es la capacidad de un cuerpo de resistir los esfuerzos exteriores manteniendo la forma.

Según como actúen las fuerzas exteriores, se podrán diferenciar los siguientes esfuerzos:

- **Tracción**: dos fuerzas de la misma dirección pero de sentidos opuestos aplicadas en los extremos de un cuerpo que tiende a alejar los puntos de aplicación.
- **Compresión**: dos fuerzas de la misma dirección pero de sentidos opuestos aplicadas en los extremos de un cuerpo que tienden a aproximar los puntos de aplicación.
- **Flexión**: una fuerza que actúa perpendicularmente a su eje, es decir, tiende a curvarlo.
- **Cizalladura**: dos fuerzas opuestas no alineadas que tienden a cortar el material en su punto más débil.
- **Torsión**: una fuerza que provoca que el objeto tienda a enroscarse.
- **Pandeo**: es una combinación de un esfuerzo de flexión y otro de compresión. Genera un desplazamiento horizontal y perpendicular a la fuerza.

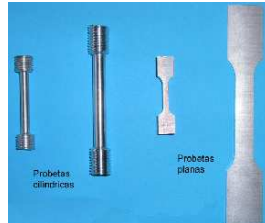


Los ensayos se pueden clasificar atendiendo a tres criterios:

⇒ Según la rigurosidad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ensayos técnicos de control (se realizan durante el proceso productivo) ▪ ensayos científicos (para investigar nuevos materiales)
⇒ Según la forma	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ensayos destructivos ▪ ensayos no destructivos
⇒ Según el método empleado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ensayos químicos (para conocer la composición química) ▪ ensayos metalográficos (estudian la estructura interna) ▪ ensayos físicos (para conocer las propiedades físicas) ▪ ensayos mecánicos (estudian la resistencia a esfuerzos)

5.1. ENSAYO DE TRACCIÓN

Consiste en someter a una probeta de forma y dimensiones normalizadas a un sistema de fuerzas exteriores en la dirección de su eje longitudinal hasta romperla. Para ello, se utilizan unos dispositivos mecánicos o hidráulicos que someten a las probetas (cilíndricas o prismáticas) un esfuerzo o tensión de tracción creciente.

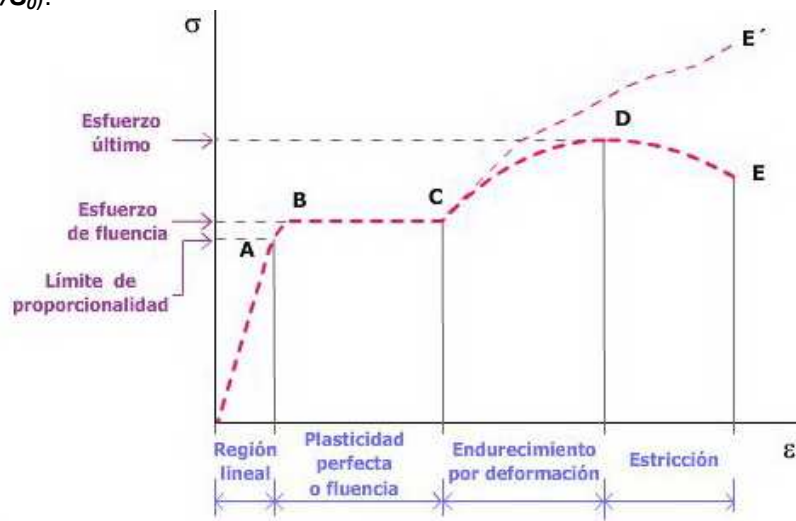


Tipos de Probetas



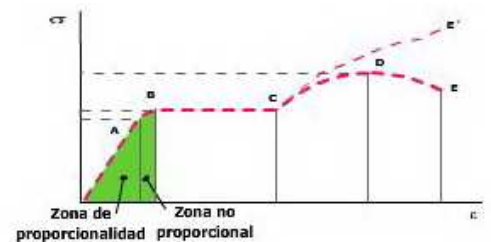
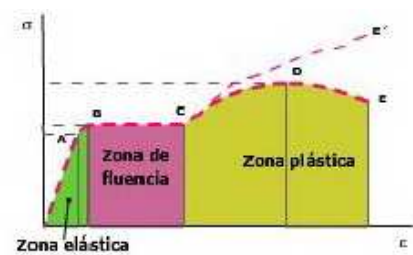
Máquina universal

Los resultados del ensayo se representan en una gráfica donde aparece en el eje de abscisas la deformación (Δl) y en el de ordenadas la fuerza aplicada (F). Pero como esta información no es suficiente se suele representar el diagrama alargamiento unitario ($\epsilon = \Delta l/l_0$) - tensión ($\sigma = F/S_0$).



En el diagrama se distinguen varias zonas:

- **Zona elástica (OB):** al cesar la tensión, recupera su longitud.
- **Zona plástica (BE):** no recupera su forma original aunque cese la tensión.
- **Límite de fluencia (C):** en algunos materiales, como el acero, hay una zona donde se produce un alargamiento muy rápido sin que varíe la tensión aplicada. Este fenómeno es la fluencia.
- **Zona de proporcionalidad (OA):** los alargamientos son proporcionales a las tensiones aplicadas. En esta zona se deben trabajar los materiales y en ella aparece la tensión máxima de trabajo.
- **Zona no proporcional (AB):** no se puede controlar la relación deformación-tensión. No se deben trabajar los materiales en esta zona.
- **Zona límite de rotura (CD):** a pequeñas variaciones de tensión, se producen grandes alargamientos. El punto D es el límite de rotura y en él se aplica la tensión de rotura ya que a partir de este punto el material se considera roto.



- **Zona de rotura (DE):** aunque baje la tensión, el material sigue alargándose hasta la rotura.

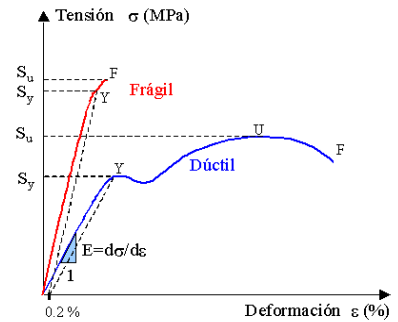
La evaluación del ensayo de tracción se realiza a partir de la curva tensión-deformación, a partir de la cual se pueden obtener distintos parámetros.

LEY DE HOOKE: las deformaciones producidas en un elemento resistente son proporcionales a las fuerzas que las producen. La relación entre ambas es el módulo de Young (E), que representa la pendiente de la curva esfuerzo-deformación en la zona elástica:

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

A la hora de diseñar una pieza o elemento se debe tener en cuenta la **tensión máxima de trabajo** o tensión de seguridad σ_t . Para garantizar que un material va a trabajar en la zona elástica, se aplica un **coeficiente de seguridad**, de modo que la tensión de trabajo siempre debe ser inferior a la tensión del límite elástico σ_E (N puede valer entre 1,2 y 4,0). Esta tensión siempre es inferior a la del límite de proporcionalidad.

$$E = \sigma_E / \sigma_t$$



5.2. ENSAYO DE COMPRESIÓN

El ensayo de compresión es similar al de tracción, sin embargo, la fuerza a que se ve sometida la probeta es uniaxial en el sentido de comprimir el material, dando lugar a acortamiento de la pieza y un ensanchamiento de la sección.

La máquina para realizar este tipo de ensayos es la misma que la del ensayo de tracción.

5.3. ENSAYO DE DUREZA

Dureza es la resistencia que opone un material a la deformación permanente (plástica) en su superficie, es decir la resistencia que opone un material a ser rayado o penetrado.

6.3.1. ENSAYO DE DUREZA AL RAYADO

Fue Mohs el que estableció la primera escala de dureza con 10 materiales, desde el talco hasta el diamante.

- Ensayo Martens.- consiste en la medida de la anchura de una raya producida por una punta de diamante de forma piramidal, con una fuerza determinada y constante.
- Ensayo a la lima.- con una lima se puede determinar la dureza del acero templado.

6.3.2. ENSAYO DE DUREZA A LA PENETRACIÓN

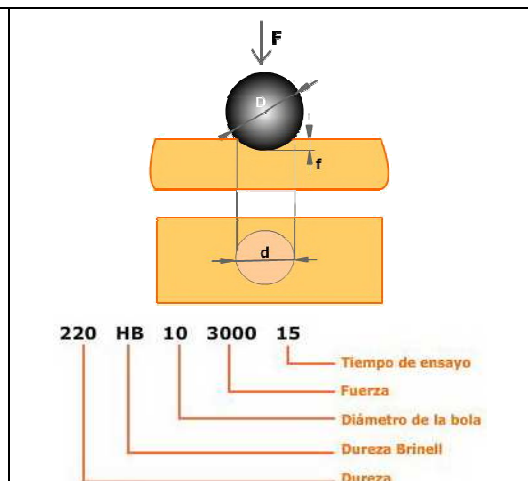
Se basan en un penetrador que es forzado sobre la superficie del material a ensayar. La medida tiene un significado relativo.

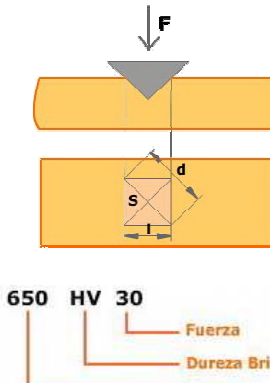
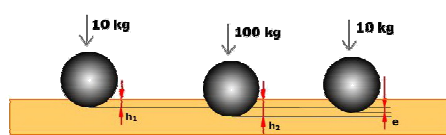
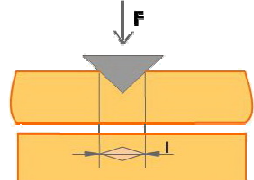
Ensayo Brinell (UNE 7-422-85)

- El penetrador es una bola de acero templado (muy duro).
- Se mide el diámetro de la huella y se calcula la dureza en función de la carga aplicada y del área del casquete de la huella: $HB = F/S$, siendo $S = \pi D f$.
- Generalmente se calcula por tablas. El diámetro de la huella suele estar entre $D/4$ y $D/2$. Las cargas suelen ser proporcionales al cuadrado del diámetro.

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

- No es recomendable para durezas superiores a 500 HB, ni en piezas de poco espesor.



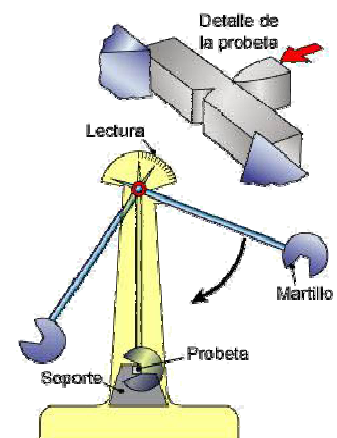
<p>Ensayo Vickers (UNE 7-423-84)</p> <ul style="list-style-type: none"> El penetrador es una pirámide regular de base cuadrada cuyas caras laterales forman un ángulo de 136°. Se calcula mediante la superficie lateral de la huella: $HV = F/S$. $HV = 1.8453 \cdot \frac{F}{d^2}$ <ul style="list-style-type: none"> Se emplea para durezas superiores a 500 HB. La ventaja es que se puede utilizar con espesores muy pequeños (hasta 0,05 mm) y con materiales duros y blandos. Las cargas que se utilizan son pequeñas (aprox. 30 Kg). 	
<p>Ensayo Rockwell (UNE 7-424-89)</p> <ul style="list-style-type: none"> HRB: para materiales blandos (durezas menores que 200) el penetrador es una bola de acero de diámetro 1.5875 mm. HRC: para materiales duros (durezas mayores que 200) el penetrador es un cono de diamante de 120° en la punta. Se mide la dureza en función de la profundidad de la huella. $HRB = 130 - e \quad HRC = 100 - e$ <ul style="list-style-type: none"> Es rápido y sencillo, pero menos preciso que los anteriores. Se utiliza en lugar del Brinell para medir la dureza de aceros templados. 	
<p>Ensayo Knoop (UNE 7-424-89)</p> <ul style="list-style-type: none"> Se emplea únicamente en laboratorio para medir microdurezas, o bien durezas de láminas de un espesor muy reducido. El penetrador es una punta de diamante con forma de pirámide rómbica cuya relación entre diagonales es de 1:7, sus ángulos entre aristas son $a=130^\circ$ y $b=172^\circ 30'$. $HKN = \frac{14.2 \cdot F}{l^2}$	

5.4. ENSAYO DE RESILIENCIA (Ensayo dinámico por choque)

El objetivo del ensayo es conocer la energía que puede absorber un material al recibir un choque o impacto sin llegar a romperse de un solo golpe.

La máquina más utilizada es el **péndulo de Charpy**, que consta de un brazo giratorio con una maza en su extremo, que se hace incidir sobre la probeta provocando su rotura. Las probetas están normalizadas, tienen una sección cuadrada y en el punto medio están entalladas en forma de U o de V.

El péndulo de masa m se encuentra a una altura inicial H , por lo que tiene una determinada energía potencial antes de iniciar el ensayo. Al liberar el péndulo, golpea la probeta y la rompe, continuando con su giro hasta alcanzar una altura final h con una nueva energía potencial. La energía que ha absorbido la probeta durante su rotura será la diferencia de energías potenciales inicial y final.



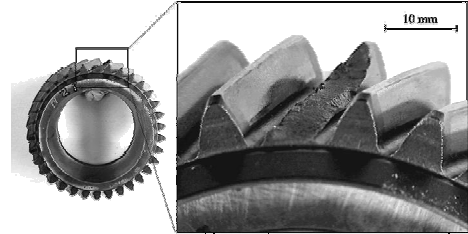
La **resiliencia** se obtiene de la siguiente forma:

$$\rho = \frac{\Delta E_p}{S} = \frac{m \cdot g \cdot (H - h)}{S}$$

5.5. ENSAYO DE FATIGA

La fatiga es la disminución de la resistencia a la rotura de un material elástico sometido a tensiones variables. Para que la rotura no tenga lugar, es necesario conocer el límite de fatiga (diferencia entre la carga máxima y mínima).

El estudio de la fatiga de los materiales es realmente complicado, y provoca un elevado número de roturas de piezas industriales que han sido fabricadas con materiales férricos. Otra de las características del fallo por fatiga y que lo hace especialmente peligroso es que aparece de una forma inmediata, "sin avisar". Ejemplos de fallo por fatiga los tenemos en máquinas rotativas, tornillos, vehículos, puentes, plataformas marítimas, barcos, alas de aviones, ruedas de ferrocarril y otros productos de consumo.

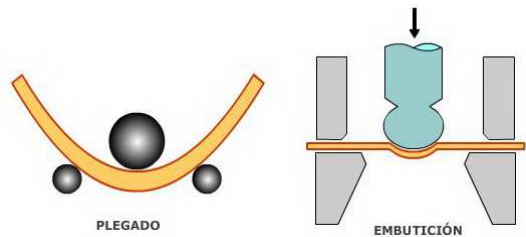


La rotura presenta dos zonas: una de grano fino mate, que parece un defecto, y otra de grano grueso brillante, que indica la rotura final.

5.6. ENSAYOS TECNOLÓGICOS

Sirven para estudiar el comportamiento de un material para un aplicación industrial determinada. Hay de muchos tipos:

- Ensayo de plegado.- sirve para estudiar la plasticidad de los materiales metálicos. Se doblan las probetas (prismáticas de sección rectangular) en condiciones normalizadas y se observa si aparecen grietas en la parte exterior de la curva. Se puede realizar en frío y en caliente.
- Ensayo de embutición.- sirve para conocer la facilidad de las planchas para deformarse por embutición. Se presiona un vástago sobre la chapa hasta que se produce la primera grieta y se mide la penetración de éste.
- Ensayo de punzamiento.- determina la resistencia al corte de las chapas metálicas. Se utiliza un punzón de acero templado y se mide por la fuerza aplicada y el diámetro de éste.
- Ensayo de soldabilidad.- estudia las dilataciones, las contracciones, los puntos y la velocidad de fusión de los materiales soldables.



5.7. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Tienen por objeto descubrir y localizar defectos en la superficie o en el interior de los materiales. También sirven para revisar piezas que están en servicio. Hay de muchos tipos:

- Ensayos magnéticos.- sólo se utiliza con materiales ferromagnéticos.
- Ensayos eléctricos.- se basan en el aumento de la resistencia eléctrica por las impurezas.
- Ensayos con rayos X.- se basan en hacer incidir un rayo X sobre el objeto y colocar una placa fotográfica bajo éste para ver su impresión.
- Ensayos por ultrasonidos.- se basan en que una onda ultrasónica, al propagarse por un material, se manifiesta cuando encuentra la mínima fisura o defecto.

5.8. ENSAYOS FISICOQUÍMICOS

Consiste en un examen metalográfico que se puede hacer de dos formas: macroscópico (sirve para conocer la distribución general de las inclusiones) o microscópico (determina la medida, la estructura y las dimensiones de las segregaciones).

EJERCICIOS

Sólo cuando vemos grandes obras, un gran viaducto, un gran rascacielos, nos paramos a pensar en quién lo habrá diseñado y en la gran responsabilidad que tiene. Pero esa responsabilidad a la hora de construir algo se tiene tanto para cosas grandes como para cosas pequeñas, y siempre tiene que ver con que las cosas deben cumplir los requisitos para los cuales fueron diseñados.

Esos requisitos van desde que un puente resista el paso de los coches o el peso de la nieve el día que hay una gran nevada, o cualquier cosa que se nos pueda ocurrir, hasta que cochecito de juguete resista los golpes que le da el niño que se divierte con él.

En los siguientes ejercicios, se pretende que aprendas cómo se realizan los cálculos que determinan la carga que puede soportar una estructura o cómo se debe diseñar para que aguante esas cargas con la menor cantidad posible de material, o lo que es lo mismo, lo más barato posible.

1º) Al realizar un ensayo de tracción al material con el que pretendemos construir nuestro puente, utilizamos una probeta de acero de 50 mm de longitud y 13 mm de diámetro y obtenemos la información que se adjunta.

Esfuerzos (N)	Alargamientos (mm)
0	0
8300	0.015
13800	0.025
26400	0.045

Determinar:

1. Módulo de Young del material ensayado.
2. Alargamiento que sufrirá una barra de 60 mm de diámetro y 500 mm de longitud, si se aplica sobre ella una carga de 50 kN y sin entrar en la zona plástica.

2º) Realizamos ahora un ensayo de tracción sobre otra probeta normalizada de un material diferente. Sus dimensiones son de 100 mm de longitud entre marcas y 13.8 mm de diámetro. El módulo elástico del material es de $E = 2.15 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ y en un momento del ensayo tiene un alargamiento de $3 \times 10^{-3} \text{ mm}$.

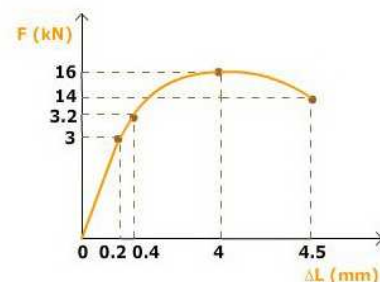
Determina:

1. Alargamiento unitario.
2. Tensión expresada en kN/m^2 .
3. Carga aplicada en ese momento, expresada en N.

3º) Una probeta cilíndrica de 100 mm de longitud y 10 mm de diámetro, se somete a un ensayo de tracción, que ofrece una gráfica como la de la figura adjunta.

Determina:

1. Módulo de Young del material.
2. Tensión máxima.
3. Alargamiento unitario en el momento de la rotura.



4º) Nuestro puente tiene un tirante cilíndrico de 15 mm de diámetro y soporta un esfuerzo de tracción de 2.5×10^3 Kp. Determina la tensión a que está sometido el tirante.

Si tenemos también otro tirante cilíndrico del mismo material pero de 20 mm de diámetro y queremos que soporten una tensión idéntica, ¿cuál será la relación que debe existir entre las fuerzas que se les aplica?

5º) Estamos ensayando con otras posibilidades para los tirantes. Nuestro tirante (cilíndrico) debe soportar un esfuerzo de tracción de 30 KN, siendo su límite elástico $\sigma_E = 400$ MPa, y su módulo elástico $E = 2 \times 10^6$ MPa.

Si queremos trabajar con un coeficiente de seguridad $n=2$, calcula:

1. El diámetro mínimo que debe tener el tirante.
 2. La deformación unitaria que presentará en esas condiciones.
-

6º) Dos barras de la misma longitud, una del acero de nuestro puente (con módulo elástico 210 GPa) y otra de aluminio (con módulo elástico 7×10^4 MPa), están sometidas a una misma tensión de tracción.

Determinar:

1. ¿Cuál de ellas se deformará más, elásticamente?
2. ¿Qué relación deberán tener sus secciones, para que ambas experimenten igual deformación elástica, si la fuerza de tracción fuera la misma?
3. Si la tensión se conociera, ¿qué otro dato debería saberse de cada material para poder comprobar si las barras llegan a deformarse plásticamente?
4. ¿Y para saber si romperían?

Ejercicio resuelto

En el gráfico adjunto se muestra la curva fuerza-incremento de longitud, resultante del ensayo de tracción de un material polimérico.

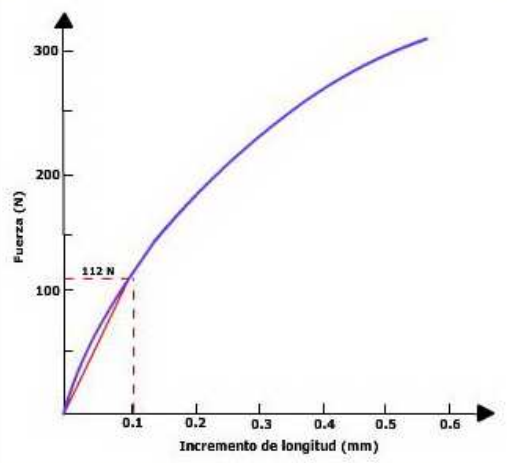


Imagen 19. Elaboración propia.

DATOS DEL ENSAYO:

- Dimensiones de la probeta
- Anchura: 12.61 mm
- Espesor: 3.47 mm
- Longitud inicial: 50 mm
- Longitud final después de la rotura: 97 mm.
- Fuerza máxima alcanzada en el ensayo: 1290 N.

Calcular:

- Módulo de Elasticidad o de Young (GPa).
- Resistencia a la Tracción (MPa).
- %Alargamiento a la rotura (ϵ)

Solución:

Para calcular el módulo de elasticidad deberemos aplicar su expresión:

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

con la consideración de que hay que aplicarla en la zona proporcional de la curva.

Necesitamos, pues, conocer la fuerza aplicada y el incremento de longitud que se obtiene con esa carga, la sección inicial de la probeta y su longitud inicial.

Vemos en la gráfica que cuando la probeta ha incrementado su longitud en 0.1 mm, la fuerza aplicada era de 112 N.

Y podemos calcular su sección inicial:

$$S_0 = \text{anchura} \times \text{espesor} = 12.61 \times 3.47 = 43.7567 \text{ mm}^2$$

Ahora que conocemos todo lo necesario podemos calcular ya el módulo de elasticidad:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/S_0}{\Delta l/l_0} \quad E = \frac{112/43.7567}{0.1/50} = \frac{2.56}{0.002} = 1280 \text{ N/mm}^2$$

(Cuidado con las unidades)

Como nos piden el resultado en GPa:

$$E = 1280 \text{ N/mm}^2 = 1280 \cdot 10^{-6} \text{ N/m}^2 = 1280 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}$$

$$E = 1.28 \text{ GPa}$$

Para calcular ahora la resistencia a la tracción aplicaremos también su expresión:

$$\sigma_t = \frac{F_{max}}{S_0}$$

Como conocemos la fuerza máxima y la sección inicial de la probeta no tenemos más que sustituir:

$$\sigma_t = \frac{F_{max}}{S_0} = \frac{1290}{43.7567 \cdot 10^{-6}} \quad \sigma_t = 29.48 \text{ MPa}$$

Y para calcular el alargamiento en la rotura:

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\epsilon = \frac{97-50}{50} = \frac{47}{50} = 0.94$$

Y mostrado en porcentaje:

$$\epsilon = 94\%$$