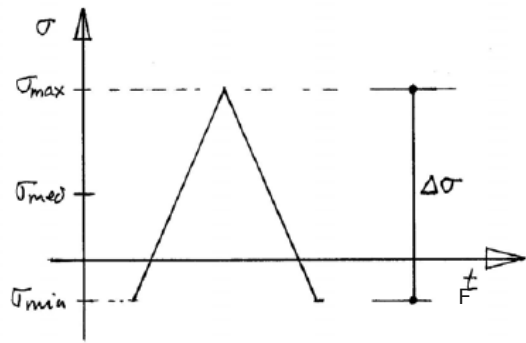


## 11. Ensayo de fatiga

Un ensayo de fatiga es aquel en el que la pieza está sometida a esfuerzos variables en magnitud y sentido, que se repiten con cierta frecuencia. Muchos de los materiales, sobre todo los que se utilizan en la construcción de máquinas o estructuras, están sometidos a esfuerzos variables que se repiten con frecuencia. Es el caso de los árboles de transmisión, los ejes, las ruedas, las bielas, los cojinetes, los muelles,... Cuando un material está sometido a esfuerzos que varían de magnitud y sentido continuamente, se rompe con **cargas inferiores a las de rotura normal** para un esfuerzo de tensión constante.



Si a un material se le aplican tensiones **repetitivas** (cíclicas) de tracción, compresión, flexión, torsión, etc., comenzaremos por medir los valores de los esfuerzos a que están sometidas las piezas

- El valor máximo de la tensión a que esta sometida
- El valor mínimo de la tensión
- La diferencia entre el valor máximo y mínimo
- El valor medio ( $\sigma_{med}$ )

Existe un valor de  $\Delta\sigma_F$  por debajo del cual no se produce rotura por fatiga. Es el **límite de fatiga**. La carga de fatiga es repetitiva (cíclica) y posee un valor máximo y mínimo en cada ciclo. Pues bien, la diferencia entre ambos valores ( $\Delta\sigma_F$ ) es el límite de fatiga, independientemente del número de veces que se repite la acción.

En el gráfico, se observa uno de los ciclos de los esfuerzos variables a los que está sujeto el material. Estos ciclos se repiten, aunque no necesariamente deben ser iguales. Si la diferencia entre el esfuerzo máximo ( $\sigma_{max}$ ) y el esfuerzo mínimo ( $\sigma_{min}$ ) que sufre la pieza en un determinado ciclo supera el valor ( $\Delta\sigma_F$ ), entonces se corre el riesgo de rotura si este fenómeno se repite durante varios ciclos.

## 12. Ensayos de dureza

### A. Ensayos de dureza al rayado

- Escala de Mohs: Establecida sobre 10 materiales, donde cada uno de ellos es rayado por el siguiente en la escala. Es poco fiable.

1. Talco	3. Calcita	5. Apatito	7. Cuarzo	9. Corindón
2. Yeso	4. Fluorita	6. Ortosa	8. Topacio	10. Diamante

- Escala de Martens: Un cono de diamante raya la superficie del material cuya dureza se quiere medir. La dureza del material será inversa a la anchura de la raya.

## B. Ensayos de penetración

Se trata de medir la resistencia que ofrece un material a ser penetrado por una pieza llamada penetrador.

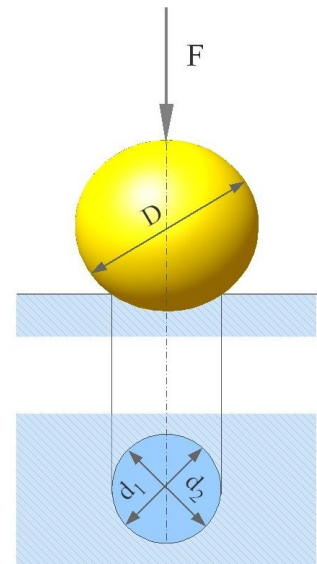
### 1. Ensayo de Brinell

Utiliza como penetrador una esfera de acero templado de gran dureza a la que se aplica una carga preestablecida. En función del diámetro de la huella se calcula la dureza del material.

Este ensayo se utiliza en materiales blandos y/o muestras delgadas.

La unidad de un material según este ensayo viene determinado por la **grados Brinell (HB)**. Se mide en  $\text{kp}/\text{mm}^2$

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



siendo  $F$  = La fuerza aplicada sobre la superficie del material (en Kp)

$S$  = Superficie de la huella que deja el penetrador sobre la superficie (en  $\text{mm}^2$ )

La superficie de la huella es

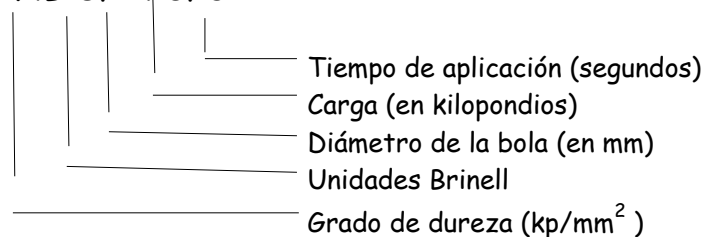
$$S = \pi Df$$

siendo  $D$  = Diámetro de la bola (en mm)

$f$  = profundidad de la huella (en mm)

Cuando se toma una medida con este método, se registra siguiendo una notación estándar. Veamos un ejemplo:

115 HB 5/270/32



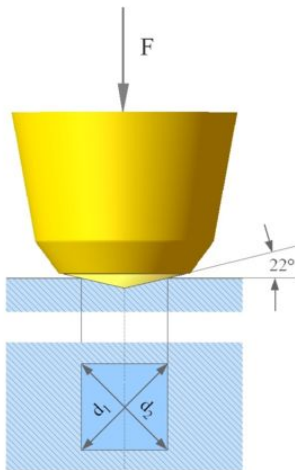
La superficie de la huella se puede colocar en función del diámetro de la bola y del diámetro de la huella en la superficie del material.

$$S = \frac{\pi \cdot D \cdot (D^2 - d^2)^{\frac{1}{2}}}{2}$$

D = Diámetro de la bola (mm)

d= diámetro del casquete de la huella esférica (mm)

## 2. Ensayo Vickers



Utiliza como penetrador una pirámide regular de base cuadrada. Es más utilizado que el anterior, puesto que la gama de materiales a ensayar es más alta (materiales de alta dureza).

Los espesores de las piezas pueden ser muy pequeños, en cambio con el ensayo Brinell no ocurre tal hecho.

Las cargas utilizadas por tal procedimiento son muy pequeñas (de 1 a 120 kg). En cambio con el ensayo Brinell se utilizan cargas de hasta 3000 kg.

Se comenten menos errores con este ensayo que con el caso anterior en la medida de la huella cuando la deformación es

pequeña.

La expresión se mide según la expresión  $HV = \frac{F}{S}$  donde HV son las unidades Vickers (expresado en  $\text{kp}/\text{mm}^2$ )

F = la fuerza aplicada sobre la superficie del material (en Kp)

S = Superficie lateral de la huella ( $\text{mm}^2$ )

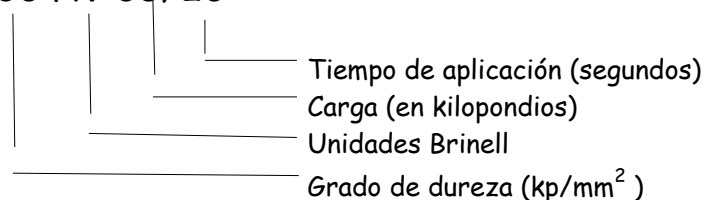
La superficie de la huella se mide según la siguiente expresión

$$S = \frac{d^2}{1,8543}$$

siendo d la diagonal de la marca que deja el penetrador en la superficie del material.

Cuando se toma una medida con este método, se registra siguiendo una notación estándar. Veamos un ejemplo:

730 HV 35/20



### C. Ensayo Rockwell

Es el más utilizado por su rapidez y el pequeño tamaño de las huellas que ocasiona, aunque es menos exacto. Se determina la profundidad de la huella, a diferencia de los anteriores, que mide el área de la huella producida.

El grado de dureza se mide en cantidades HRB (para materiales blandos) y HRC (para materiales duros). En el primer caso se emplea como penetrador una esfera de acero y en el segundo caso un cono de diamante.

#### ¿Cómo se realiza este ensayo?

1º Se aplica al penetrador una carga de 10 kg durante un tiempo determinado. Esta carga provoca una huella de profundidad  $h_0$ .

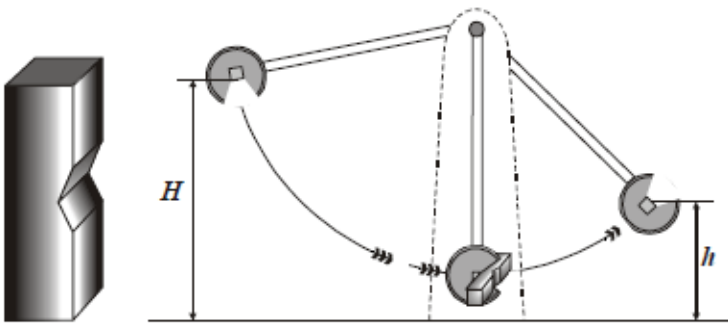
2º Después, dependiendo de la dureza del material, se añade la carga adicional que puede ser 60, 100 ó 150 kg. La profundidad de la huella alcanza entonces el valor  $h_1$ .

3º Al retirar la carga adicional, el penetrador retrocede por la recuperación elástica del material. La huella adquiere entonces una profundidad  $e = h_1 - h_0$

La dureza Rockwell queda determinada por: **HRC = 100 - e**      **HRB = 130 - e**

Se observa que cuando mayor es la profundidad ( $e$ ) menor es la dureza del material.

### 13. Ensayos de resiliencia



El más característico es el ensayo Charpy . En este ensayo se utiliza una probeta de sección cuadrada provista de una entalladura que es sometida a la acción de una carga de ruptura por medio de un martillo que se desplaza en una trayectoria circular.

La energía absorbida por la ruptura se llama **resiliencia  $\rho$**  y su unidad en el sistema internacional es el  $J/m^2$

$$E_p = m \cdot g(H - h) \quad \rho = \frac{E_p}{A_0}$$

$E_p$  = Energía potencia absorbida en la ruptura en Julios (J)

$m$  = Masa del martillo en kg

$g$  = Gravedad terrestre  $9,8 \text{ m/s}^2$

$H$  = Altura desde la que cae el martillo en metros (m)

$h$  = Altura que alcanza el martillo después de romper la probeta en metros (m)  $\rho$  = Resiliencia en Julios por metro cuadrado ( $J/m^2$ )

$A_0$  = Sección de la probeta por la parte de entalladura en metros cuadrados ( $m^2$ )

## 14. Otros ensayos

a) **Ensayos de compresión:** Tratan de averiguar el comportamiento de los materiales frente a esfuerzos de compresión y se aplican tensiones progresivas crecientes hasta conseguir la rotura o el aplastamiento del material. No son tan utilizados como los de tracción.

b) **Ensayos de cizallamiento:** Tratan de determinar el comportamiento de un material sometido a un esfuerzo cortante. Este ensayo se aplica a materiales destinados a la fabricación de tornillos, remaches y chavetas