

## ENSAYOS MECÁNICOS II: TRACCIÓN

### 1. INTRODUCCIÓN.

El ensayo a tracción es la forma básica de obtener información sobre el comportamiento mecánico de los materiales. Mediante una máquina de ensayos se deforma una muestra o probeta del material a estudiar, aplicando la fuerza uniaxialmente en el sentido del eje de la muestra. A medida que se va deformando la muestra, se va registrando la fuerza (carga), llegando generalmente hasta la fractura de la pieza. Así pues, el resultado inmediato es una curva de carga frente a alargamiento, que transformados en tensión y deformación, en función de la geometría de la probeta ensayada, aportan una información más general.

Esta práctica tiene el OBJETIVO inmediato de ilustrar, mediante la experiencia, las propiedades mecánicas de los materiales que se derivan a partir de un ensayo a tracción.

Los objetivos añadidos son:

- 1.- Conocer cómo se fijan las condiciones de ensayo, cómo se realiza el ensayo y qué información se puede extraer a partir de los datos registrados y cómo.
- 2.- Utilizar una Máquina de Ensayos Mecánicos y tener una visión de su potencial, versatilidad y posibilidades para caracterizar mecánicamente los materiales.

Para ello se trabajará con la máquina de ensayos mecánicos Shimadzu Autograph del laboratorio de materiales, con 50 kN de capacidad máxima de carga, como la mostrada en la imagen. Los ensayos a tracción se realizarán en varillas cilíndricas metálicas.

### 2.- FUNDAMENTO TEÓRICO

El ensayo de tracción tiene por objetivo definir la resistencia elástica, resistencia última y plasticidad del material cuando se le somete a fuerzas uniaxiales. Se requiere una máquina, prensa hidráulica por lo general, capaz de:

- a) Alcanzar la fuerza suficiente para producir la fractura de la probeta.

- b) Controlar la velocidad de aumento de fuerzas.
- c) Registrar las fuerzas,  $F$ , que se aplican y los alargamientos,  $\Delta L$ , que se observan en la probeta.

Un esquema de la máquina de ensayo de tracción se muestra en la Figura 1.

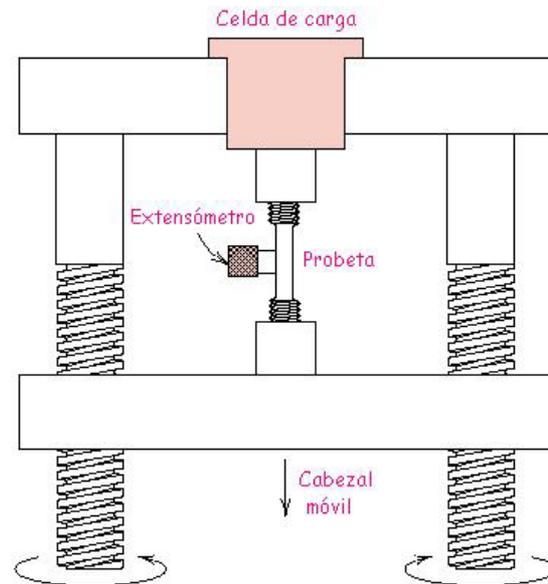


Figura 1: Máquina de Ensayo de Tracción.

La máquina de ensayo impone la deformación desplazando el cabezal móvil a una velocidad seleccionable. La celda de carga conectada a la mordaza fija entrega una señal que representa la carga aplicada, las máquinas están conectadas a un ordenador que registra el desplazamiento y la carga leída. Si representamos la carga frente al desplazamiento obtendremos una curva como la mostrada en la figura 2.

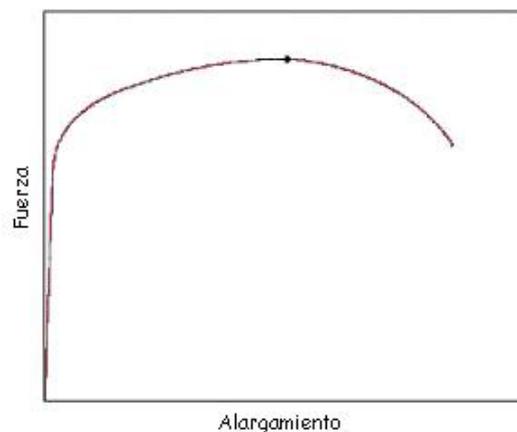
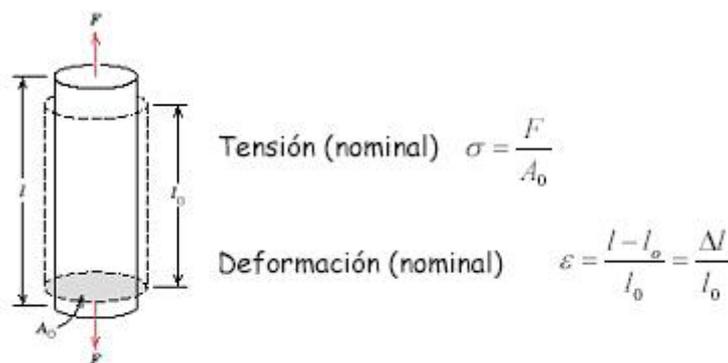


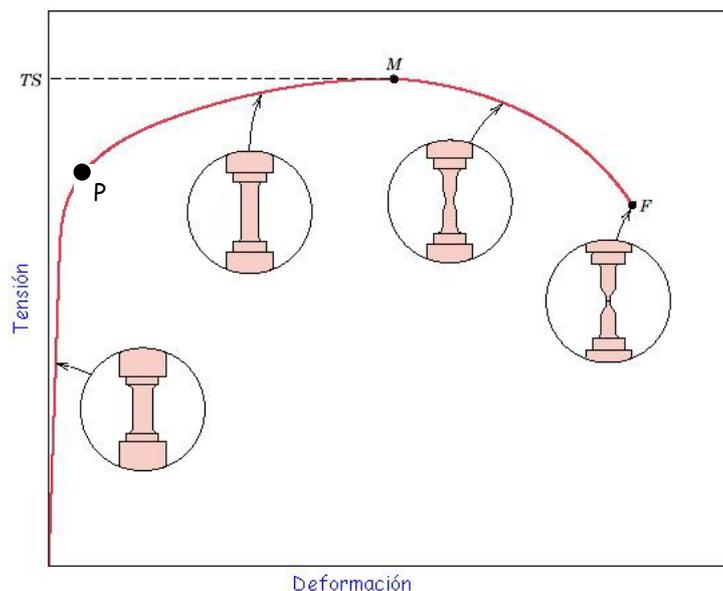
Figura 2: Fuerza vs. alargamiento.

La probeta a ensayar se sujeta por sus extremos al cabezal móvil de la máquina de ensayos y a la célula de carga, respectivamente. Las mordazas de sujeción deben mantener firme a la muestra durante el ensayo, mientras se aplica la carga, impidiendo el deslizamiento. A su vez, no deben influir en el ensayo introduciendo tensiones que causen la rotura en los puntos de sujeción. Para que el ensayo se considere válido la rotura debe ocurrir dentro de la longitud calibrada, en la parte central de la probeta.

A partir de las dimensiones iniciales de la probeta, se transforman la fuerza en tensión y el alargamiento en deformación, que nos permite caracterizar las propiedades mecánicas que se derivan de este ensayo.



De tal forma que la curva típica sería tensión vs. deformación, tal y como se muestra en la figura 3.



**Figura 3:** Curva típica de tracción hasta la fractura, punto F. La resistencia a la tracción TS está indicada en el punto M. Los insertos circulares representan la geometría de la probeta deformada en

varios puntos de la curva.

La interpretación de la curva nos lleva

1.- En la curva podemos distinguir dos regiones:

- Zona elástica: La región a bajas deformaciones (hasta el punto P), donde se cumple la Ley de Hooke:  $\sigma = E \varepsilon$  (E = modulo elástico).
- Zona plástica: A partir del punto P. Se pierde el comportamiento lineal, el valor de tensión para el cual esta transición ocurre, es decir, se pasa de deformación elástica a plástica, es el Límite de Elasticidad,  $\sigma_y$ , del material.

2.- Después de iniciarse la deformación plástica, la tensión necesaria para continuar la deformación en los metales aumenta hasta un máximo, punto M, **Resistencia a tracción** (RT ó TS), y después disminuye hasta que finalmente se produce la fractura, punto F. La Resistencia a Tracción es la tensión en el máximo del diagrama tensión-deformación nominales. Esto corresponde a la máxima tensión que puede ser soportada por una estructura a tracción; si esta tensión es aplicada y mantenida, se producirá la rotura. Hasta llegar a este punto, toda la deformación es uniforme en la región estrecha de la probeta. Sin embargo, cuando se alcanza la tensión máxima, se empieza a formar una disminución localizada en el área de la sección transversal en algún punto de la probeta, lo cual se denomina **estricción**, y toda la deformación subsiguiente está confinada en la estricción. La fractura ocurre en la estricción. La **tensión de fractura** o bien de rotura corresponde a la tensión en la fractura.

## 2.1 DEFORMACIÓN ELÁSTICA

Definimos elasticidad como la propiedad de un material en virtud de la cual las deformaciones causadas por la aplicación de una fuerza desaparecen cuando cesa la acción de la fuerza. "Un cuerpo completamente elástico se concibe como uno de los que recobra completamente su forma y dimensiones originales al retirarse la carga". ej: caso de un resorte al cual le aplicamos una fuerza.

El grado con que una estructura se deforma depende de la magnitud de la tensión impuesta. Para muchos metales sometidos a esfuerzos de tracción pequeños, la tensión y la deformación son proporcionales según la relación

$$\sigma = E\varepsilon$$

Esta relación se conoce con el nombre de **ley de Hooke**, y la constante de proporcionalidad,  $E$  (MPa) es el **módulo de elasticidad**, o **módulo de Young**.

Cuando se cumple que la deformación es proporcional a la tensión, la deformación se denomina deformación elástica; al representar la tensión en el eje de coordenadas en función de la deformación en el eje de abscisas se obtiene una relación lineal:



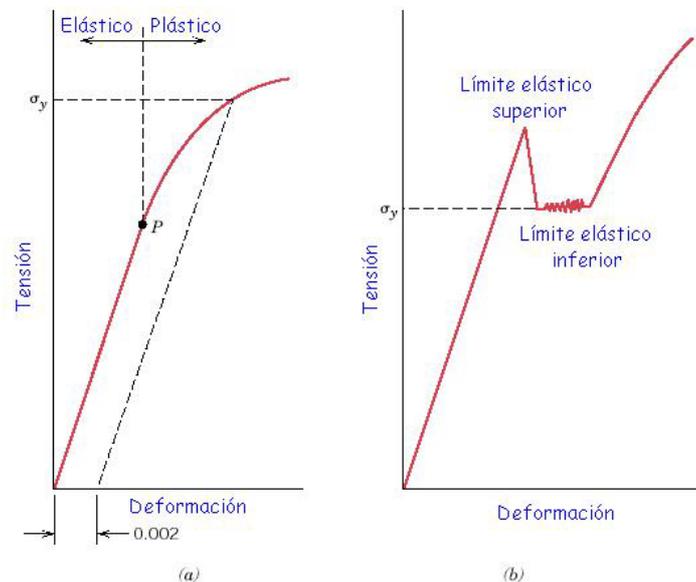
La pendiente de este segmento lineal corresponde al módulo de elasticidad  $E$ . Este módulo puede ser interpretado como la rigidez, o sea, la resistencia de un material a la deformación elástica. Cuanto mayor es el módulo, más rígido es el material, o sea, menor es la deformación elástica que se origina cuando se aplica una determinada tensión.

## 2.2. DEFORMACIÓN PLÁSTICA

Definimos como plasticidad a aquella propiedad que permite al material soportar una deformación permanente sin fracturarse. Todo cuerpo al soportar una fuerza aplicada trata de deformarse en el sentido de aplicación de la fuerza. En el caso del ensayo de tracción, la fuerza se aplica en dirección del eje de ella y por eso se denomina axial, la probeta se alargara en dirección de su longitud y se encogerá en el sentido o plano perpendicular. Aunque el esfuerzo y la deformación ocurren simultáneamente en el ensayo, los dos conceptos son completamente distintos.

Para la mayoría de los materiales metálicos, la deformación elástica únicamente persiste hasta deformaciones de alrededor de 0.005. A medida que el

material se deforma más allá de este punto, la tensión deja de ser proporcional a la deformación y ocurre deformación plástica, la cual es permanente, es decir no recuperable. En la figura 4 se traza esquemáticamente el comportamiento tensión-deformación en la región plástica para un metal típico. La transición elastoplástica es gradual para la mayoría de los metales; se empieza a notar cierta curvatura al comienzo de la deformación plástica, la cual aumenta rápidamente al aumentar la carga.



**Figura 4:** (a) Curva de tracción típica de un metal que muestra las deformaciones elástica y plástica, el límite proporcional P y el límite elástico  $\sigma_y$ , determinado como la tensión para una deformación plástica del 0.002. (b) Curva de tracción típica de algunos aceros que presentan el fenómeno de la discontinuidad de la fluencia.

### 2.3 CALCULO DEL LÍMITE ELÁSTICO

Para conocer el nivel de tensiones para el cual empieza la deformación elástica, o sea, cuando ocurre el fenómeno de **fluencia**, tenemos que tener en cuenta dos tipos de transición elastoplástica:

1.- Los metales que experimentan esta transición de forma gradual. El punto de fluencia puede determinarse como la desviación inicial de la linealidad de la curva tensión-deformación (punto P en la figura 4ª). En tales casos, la posición de este punto no puede ser determinada con precisión, por este motivo se ha

establecido una convención por la cual se traza una línea recta paralela a la línea recta paralela a la línea elástica del diagrama de la tensión-deformación desplazada por una determinada deformación, usualmente 0.002. La tensión correspondiente a la intersección de esta línea con el diagrama tensión-deformación cuando éste se curva se denomina **límite elástico**,  $\sigma_y$ .

2.- Para aquellos materiales que tienen una región elástica no lineal, la utilización del método anterior no es posible, y la práctica usual es definir el límite elástico como la tensión necesaria para producir una determinada deformación plástica.

Algunos aceros y otros materiales exhiben el tipo de diagrama tensión-deformación mostrado en la Figura 9b. La transición elastoplástica está muy bien definida y ocurre de forma abrupta y se denomina **fenómeno de discontinuidad del punto de fluencia**. En el límite de fluencia superior, la deformación plástica se inicia con una disminución de la tensión. La deformación prosigue bajo una tensión que fluctúa ligeramente alrededor de un valor constante, denominado punto de fluencia inferior. En los metales en que ocurre este fenómeno, el límite elástico se toma como el promedio de la tensión asociada con el límite de fluencia inferior, ya que está bien definido y es poco sensible al procedimiento seguido en el ensayo.

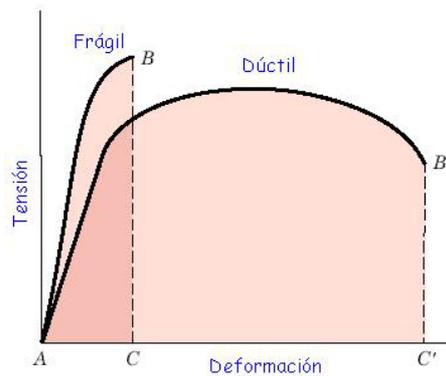
## 2.4 DUCTILIDAD

La **ductilidad** es otra importante propiedad mecánica. Es una medida del grado de deformación plástica que puede ser soportada hasta la fractura. Un material que experimenta poca o ninguna deformación plástica se denomina **frágil**.

La ductilidad puede expresarse cuantitativamente como **alargamiento relativo porcentual**, o bien mediante el **porcentaje de reducción de área**. El alargamiento relativo porcentual a rotura, %EL, es el porcentaje de deformación plástica a rotura, o bien

$$\%EL = \left( \frac{l_f - l_0}{l_0} \right) \times 100$$

donde  $l_f$  es la longitud en el momento de la fractura y  $l_0$  es la longitud de prueba original.



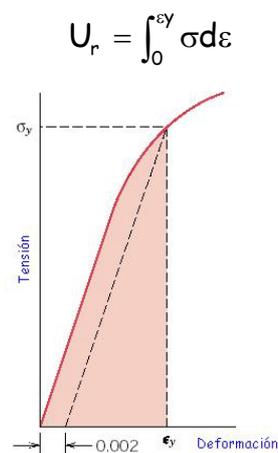
**Figura 5:** Representación esquemática de los diagramas de tracción de materiales frágiles, y dúctiles ensayados hasta la fractura.

## 2.5 TENACIDAD

La **tenacidad** de un material es un término mecánico que se utiliza en varios contextos; en sentido amplio, es una medida de la capacidad de un material de absorber energía antes de la fractura. La geometría de la probeta así como la manera con que se aplica la carga son importantes en la determinación de la tenacidad.

## 2.6. RESILIENCIA

Medida de la capacidad de un material de absorber energía elástica antes de la deformación plástica.



### 3. PROCEDIMIENTO

Antes de comenzar a realizar los ensayos de tracción se deben tomar las respectivas medidas de las probetas. Es muy importante ser bastante cuidadosos en la toma de estas medidas ya que después de someter las probetas a los ensayos de tracción por medio de la maquina universal, se van a comparar finales, tanto la longitud de la probeta como el diámetro de la misma. Después de realizar todas las medidas a nuestras probetas, procedemos a efectuar el ensayo de tracción. Una vez terminado el ensayo se vuelve a medir la probeta para calcular la deformación.

### 4. INFORME:

- 1.- Explicar el procedimiento seguido.
- 2.- Dibujar las gráficas tensión vs. deformación y comentarlas de todas las probetas ensayadas.
- 3.- Calcular deformación final y modulo de Young, de cada una de las probetas.
- 4.- Contestar las siguientes cuestiones:  
¿Qué probeta es más frágil y cuál más dúctil?  
¿Influye la temperatura en los resultados de las pruebas a tracción?

### Referencias:

- "Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales". Callister, W.D.  
Ed. Reverté S.A., Barcelona

- ➡ Adjuntar la Bibliografía Consultada.
- ➡ Plazo de entrega: 15 días desde la fecha de realización de la práctica.